

ACCADEMIA DELLE SCIENZE
DI TORINO
Quaderni, 1 (1995)

Accademia delle Scienze di Torino
Accademia dei Concordi di Rovigo

Risorsa Po: un bene da proteggere, un bene da valorizzare

(Torino, 2-3 Giugno 1994)



Il Convegno, la Mostra e la stampa degli Atti sono stati resi possibili grazie ai seguenti

CONTRIBUTI FINANZIARI

Regione Piemonte	19,2	ML
Città di Torino	15	ML
Camera di Commercio di Torino	9	ML
Rotary Club Torino	5	ML
Politecnico di Torino	5	ML
Impresa di Costruzioni Peris	4	ML
Banca Popolare di Novara	2	ML
Azienda Po-Sangone	2	ML
Università di Torino	1	ML

Al Convegno hanno offerto il *PATROCINIO* la Regione Piemonte e la Città di Torino.

Foto in copertina:

Po e Monviso a Casalgrasso (da: *Archivio Centro Documentazione del Settore Parchi Naturali della Regione Piemonte*, foto Gianni BOSCOLO).

Accademia delle Scienze di Torino
Accademia dei Concordi di Rovigo

**Risorsa Po: un bene da proteggere,
un bene da valorizzare**

(Torino, 2-3 Giugno 1994)



Accademia delle Scienze
di Torino



Accademia dei Concordi
di Rovigo

PREMESSA

Questo volume comprende gli Atti del Convegno «Risorsa Po: un bene da proteggere, un bene da valorizzare» svoltosi a Torino nella Sala dei Mappamondi dell'Accademia delle Scienze di Torino nei giorni 2-3 Giugno 1994, grazie alla collaborazione tra l'Accademia delle Scienze di Torino e l'Accademia dei Concordi di Rovigo.

Tale felice sodalizio nacque da una proposta trasmessa il 2 Settembre 1992 al presidente dell'Accademia delle Scienze prof. Italo LANA dall'avv. Alessandro UBERTONE, presidente della Concordiana, già impegnata, in collaborazione con le biblioteche civiche di Torino, in una serie di rassegne e di iniziative denominate Vivilpo '92 che, congiungendo idealmente le due regioni estreme del Fiume Po, Torino e il Delta, presentavano aspetti dell'arte, della storia, della cultura, dell'ambiente della Bassa Padana: il suggerimento era di dar luogo nella seconda metà di Novembre ad un incontro in cui la Concordiana avrebbe potuto presentare i recenti studi sulla Padania e sul Po e il volume «Ambiente e acque della Padania. Situazione, ricerche, proposte», Atti del Convegno, Rovigo, 3 Marzo 1989, organizzato dalla Concordiana congiuntamente all'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei Quaranta.

E infatti il 18 Novembre 1992 nella sede dell'Accademia delle Scienze di Torino, durante l'adunanza della Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali dell'Accademia medesima, gli accademici dei Concordi, presidente avv. Alessandro UBERTONE e prof. Enrico MARCHI presentarono il volume e proposero l'organizzazione del Convegno sul Po da tenersi a Torino congiuntamente dai due Istituti.

Le successive comunicazioni e gli incontri che seguirono, grazie ad un'apposita Commissione composta dai soci dell'Accademia dei Concordi avv. Alessandro UBERTONE, presidente, prof. Enrico MARCHI, ing. Giovanni MERCUSA, ing. Mario ZAMBON e con la partecipazione del direttore dott. Adriano MAZZETTI e dai soci dell'Accademia delle Scienze di Torino prof. Italo LANA, presidente, prof. Massimo CIVITA, prof. Gastone COTTINO, prof. Luciano GALLINO, dott. Mario GOVI, prof. Siro LOMBARDINI, prof. Roberto MALARODA, prof. Giannantonio PEZZOLI, prof. Giovanni TABACCO, diedero vita al Convegno che, con l'intervento di studiosi qualificati in diversi settori, ha affrontato tematiche differenti e tra loro complementari relative al Po, dalla sorgente alla foce e nelle varie fasi della sua storia. Esso è stato concluso, nella tarda

tribuire alle spese e che finora non si sono fatti vivi in nessun modo, sappiano che sono ancora in tempo, se lo vogliono, a darci una mano.

prof. Italo LANA

(Presidente Acc. Sc. Torino)

REGIONE PIEMONTE

Signore, signori

Porgo innanzi tutto ad ognuno un sentito benvenuto a Torino a nome del Consiglio Regionale del Piemonte e mio personale.

In questa prestigiosa sede per due giorni si discuterà sul Po, sul nostro grande fiume.

È significativo che il titolo guida di questo Convegno contenga le parole "risorsa" e "bene" perché il Po non è solo unicamente un corso d'acqua ma, appunto, per tanti versi pure un simbolo della nostra nazione.

Mai come in questi ultimi tempi le parole risorsa e bene sono state utilizzate accompagnate da un'altra altrettanto importante: "tutela".

Senza peccare di eccessivo ottimismo penso che si stia finalmente irrobustendo nei fatti ma anche nella mentalità dei cittadini una concreta fattiva presa di coscienza collettiva sulla necessità ma, soprattutto, sul dovere di difendere come meritano le risorse e i beni del nostro Paese.

Questo Convegno se si vuole intenderlo anche in quest'ottica ne è una confortante riprova.

Scorrendo la fitta serie di prestigiosi interventi che si succederanno nel corso dei lavori si può constatare quante e quali valenze contenga nel suo essere il Po come realtà.

Da quella di riferimento storico e sociale e di specchio della vita della Pianura Padana di ieri e di oggi alla concreta realtà nella quale, congiunte, convivono tante problematiche: tra queste quelle che mi paiono più importanti sono la tutela ambientale, ovvero la cura e difesa del patrimonio naturale che vive nel Po e sulle sue rive e la lotta al tasso di inquinamento delle acque.

Aspetti e tematiche, si badi, che non sono solo come ambito di interesse limitate al bacino del fiume ma coinvolgono di fatto un sistema ecologico assai più ampio fino al Mar Adriatico.

Dunque parlare e discutere del Po significa nei fatti porre interro-

gativi, proporre ipotesi, presentare soluzioni non solo per il più grande fiume italiano ma pure nel contempo riflettere sugli equilibri ecologici di una parte non piccola del territorio nazionale sia in prospettiva attuale sia di lunga scadenza perché le scelte sul Po che si faranno in questi anni segneranno nel bene e nel male la vita della Pianura Padana nei prossimi decenni.

Come Regione Piemonte da sempre ci siamo impegnati a tutelare il Po. Sarebbe troppo lungo riproporre le diverse tappe di questa nostra doverosa attenzione, ma vorrei ricordare l'impegno profuso per l'istituzione del Parco Fluviale del Po e il Piano Direttore delle Acque elaborato proprio con il fine di organizzare nel miglior modo la complessa, articolata rete idrica regionale il cui fulcro è appunto il nostro grande fiume.

La speranza è quella che iniziative come questa, unite all'impegno delle istituzioni e alla partecipazione diretta attiva ed attenta dei cittadini, contribuiscano a far sì che questo tesoro chiamato Po datoci dalla natura non venga dilapidato in modo irreversibile.

La nostra è una responsabilità nei confronti delle future generazioni. Grazie e buon lavoro a tutti.

dott. Carla SPAGNUOLO

(Presidente del Consiglio Regionale)

SVOLGIMENTO DEL CONVEGNO

Il Convegno ha occupato interamente il giorno 2 Giugno 1994 e si è concluso alle ore 13 del successivo 3 Giugno.

Esso ha avuto inizio con la Relazione Inaugurale del prof. Siro LOMBARDINI, si è sviluppato attraverso 17 Relazioni Tematiche, si è concluso con una serrata Tavola Rotonda presieduta dal prof. Enrico MARCHI ed è stato accompagnato, durante tutta la sua durata, da una Mostra. Quest'ultima è stata realizzata essenzialmente dall'Accademia dei Concordi assieme al CSI-Piemonte; vi hanno collaborato anche le Biblioteche Civiche di Torino, l'IRPI per il Bacino Padano del CNR ed il Consorzio Po-Sangone.

Le Relazioni Tematiche hanno riguardato i più importanti aspetti sotto i quali deve essere vista una realtà naturalistica complessa come quella del fiume che ha dato origine alla più grande pianura italiana, che con i suoi affluenti drena una parte rilevante dei, tra loro così diversi, versanti alpini ed appenninici e che, nel suo bacino, ha visto evolvere nel tempo situazioni geografiche, naturalistiche, storiche, economiche e sociologiche di grande momento.

Certo non aveva, il nostro Convegno, la possibilità né la pretesa di toccare tutte le problematiche ma ha cercato, e penso sia riuscito, a far capire quanto esse siano numerose e quanto possano e debbano essere ancora sviluppate.

Le situazioni sono molto complesse ed eterogenee. Nuove ricerche devono essere promosse e coltivate nei diversi settori ed è già un buon risultato se il Convegno è riuscito a far emergere questa convinzione. Ma soprattutto, e ciò è stato un obiettivo costantemente perseguito dagli organizzatori e tenuto presente anche da molti relatori, il Convegno ha voluto far capire che nei problemi che riguardano un determinato spazio ambientale deve essere compiuto uno sforzo di integrazione delle conoscenze settoriali perché il territorio è un tutto unitario e ricerche troppo specialistiche finiscono col darne una visione non solo incompleta ma addirittura falsata.

Le relazioni hanno avuto per oggetto temi come il rischio idrogeologico, la protezione idrogeologica, l'inquinamento del fiume e delle falde idriche padane, l'applicazione dei metodi isotopici per lo studio delle medesime, la flora e la fauna, le fasce fluviali e la navigazione con i loro aspetti pianificatori e giuridici, la cartografia geomorfologica e tematica, i parchi, alcuni aspetti della storia antropica

del bacino, lo sviluppo agrario, sociologico e di regolazione idraulica nel Polesine.

I lavori tematici, come si è già detto, sono stati 17 ma essi sono talora frutto di collaborazioni, ciò che allarga il numero degli studiosi che vi hanno posto mano che risultano, in definitiva, 26.



Fig. 1 - Seduta inaugurale, tavolo della Presidenza. Da destra: avv. Alessandro UBERTONE presidente dell'Accademia dei Concordi di Rovigo; assessore VERNETTI; prof. Italo LANA, presidente dell'Accademia delle Scienze di Torino; prof. Siro LOMBARDINI, incaricato della relazione inaugurale, prof. Roberto MALARODA, direttore della Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali dell'Accademia delle Scienze di Torino.

La frequenza e l'interesse dimostrati dal pubblico al Convegno, alla Tavola Rotonda e alla Mostra sono stati sempre notevoli e discreta attenzione all'evento è stata posta anche dalla stampa e dalla radio-televisione.

L'Accademia si augura che, con questo volume degli Atti, resti, della manifestazione, una traccia permanente, utile contributo alla conoscen-

za della Pianura Padana ed a concreti interventi in favore di essa, segnalazione e stimolo a proseguire nelle ricerche di analisi e di sintesi specialistiche, affermato proposito metodologico di ricerca interdisciplinare integrata.

prof. Roberto MALARODA

(per il Comitato Organizzatore)



Relazione introduttiva

Siro LOMBARDINI^(*)

Organizzazione del territorio e ambiente

L'organizzazione del territorio è in genere affrontata per singoli temi: individuazione dei sistemi di trasporto, organizzazione urbanistica in senso stretto, gestione dei servizi con riferimento, in particolare, a quelli che concorrono a determinare l'organizzazione del territorio: servizi scolastici, sanitari, amministrativi. Per una gestione efficiente del territorio, occorre, però, passare alla individuazione di alternative globali e ad una valutazione della loro efficienza, dopo un'adeguata considerazione sia degli effetti diretti ed indiretti (in particolare di quelli che gli economisti indicano con il termine di *economie e diseconomie esterne*), sia delle interrelazioni che si stabiliscono tra i diversi momenti dell'organizzazione.

L'organizzazione del territorio presenta tre caratteristiche peculiari: a) le scelte di localizzazione sono in genere immodificabili; b) gli interventi sul territorio provocano modifiche nella propensione a consumare certi beni e, in particolare, a spostarsi; c) il grado di inquinamento e la tutela dell'ambiente dipendono in larga misura dall'organizzazione del territorio, con effetti negativi sia per il benessere dei cittadini che, alla lunga, per le stesse attività produttive.

Uno dei limiti più rilevanti che presenta l'organizzazione del territorio in Italia è rappresentato dal fatto che la sola politica strutturale, globalmente concepita, in grado di porre vincoli alle scelte private e a orientarle è quella che si realizza con la pianificazione urbanistica a livello comunale. Molti problemi rilevanti, però, non riescono neppure ad essere impostati in modo efficace in un simile ridotto contesto.

Il problema delle acque

Uno di questi problemi, che va assumendo crescente rilievo, è il problema delle acque. Il problema ha diversi momenti: esso deve, però,

^(*) Accademia delle Scienze, Torino, ordinario di Politica Economica e Finanziaria, Università di Torino.

essere considerato nella sua globalità. L'inquinamento delle falde (che in Italia, a causa soprattutto di gravi deficienze infrastrutturali — particolarmente la mancanza di fognature adeguate —, ha raggiunto livelli pericolosi) si salda con quello delle acque di superficie; gli inquinamenti influiscono sulla fauna e sulla flora; i mutamenti nella fauna e nella flora hanno effetti di ritorno non irrilevanti. Gli inquinamenti sono dovuti allo sviluppo demografico e agli standards di consumo, che producono quantità paurosamente crescenti di rifiuti che non sono, specie nel nostro Paese, gestiti razionalmente, e allo sviluppo dell'industria e dell'agricoltura (in particolare ad alcuni tipi di allevamento — segnatamente i maiali — e all'uso irrazionale dei fertilizzanti). Gli effetti dell'inquinamento non sono facilmente valutabili, sia perché non esprimibili mediante relazioni lineari, sia per le interazioni che si stabiliscono tra i vari processi di inquinamento: si pensi alle piogge acide che possono essere provocate da produzioni (di energia in particolare) che hanno luogo in località lontane: esse hanno effetti su tutto l'ambiente circostante.

Il problema dell'acqua assume una particolare importanza perché l'acqua è, prima che una risorsa appropriata (acqua per l'irrigazione, per i consumi famigliari e industriali), un bene pubblico. Certi fiumi, che un tempo erano una attrattiva naturale paesaggistica sono diventati delle fogne a cielo aperto: il fiume cessa così di essere un elemento notevolmente positivo per l'ambiente, per diventare elemento di deturpazione dello stesso ambiente.

Le acque di superficie sono un bene pubblico non solo per il loro 'valore ambientale', ma anche perché possono offrire servizi di cui tutti possono beneficiare (balneazione, alcune forme di pesca ecc.).

Sui problemi dell'inquinamento del Po ci riferiranno MARCHETTI e CIVITA & GENON.

Le risorse ittiche

L'inquinamento ha ridotto notevolmente la pescosità dei nostri fiumi. Si è perduta una risorsa, la cui valorizzazione avrebbe compensato una buona parte dei costi che erano necessari per evitare, o quanto meno notevolmente ridurre, l'inquinamento. Ma non è solo questo il male dell'inquinamento. Come faranno notare BADINO, FORNERIS, LODI & MAIORANA l'intera comunità [delle specie che abitano il Po], o parte di essa, può essere utilizzata come indicatore di inquinamento, e le variazioni della sua diversità possono essere convertite in indici numerici sintetici, che quantificano la gravità delle alterazioni chimiche e fisiche dell'acqua.

A proposito dei processi di inquinamento e di quelli da essi indotti o ad essi associati dobbiamo ricordare che essi comportano alterazioni dell'equilibrio ecologico i cui effetti non sono né adeguatamente prevedibili, né facilmente valutabili.

La Regione Piemonte, grazie alle iniziative pionieristiche del CSI-Piemonte, sulle quali riferirà ROVARIS, è in grado di monitorare la qualità delle acque e la loro produttività ittigenica. Con il 1990 è diventata disponibile la Carta Ittica. Si sono create le premesse per una analisi adeguata della situazione e dei cambiamenti in atto, condizione indispensabile per l'individuazione degli interventi più opportuni.

La fruizione del corso d'acqua. Il turismo

Il corso d'acqua, con la flora circostante e con gli altri momenti ambientali che caratterizzano il territorio dove si colloca, può offrire dei servizi che o sono fruibili direttamente dai cittadini o sono a questi offerti da specifici operatori economici. Si pensi alle passeggiate lungo il corso d'acqua, alla balneazione e ad altri utilizzi a scopo di ricreazione del fiume. Forme particolari di attività sportive e ricreative possono essere organizzate. L'agroturismo può, anche con riguardo alle zone attraversate dal fiume, svilupparsi consentendo sia la valorizzazione dell'ambiente sia lo sviluppo di attività oggi particolarmente opportune per l'impiego che consentono di nuovi lavoratori.

I fiumi hanno contribuito a caratterizzare, non solo l'area geografica attraversata (si parla di Regione Padana), ma anche le popolazioni che l'abitano. Il Po ha avuto un ruolo rilevante già nell'età preromana, come ci diranno BONOMI, PERETTO & ZERBINATI. In particolare il fiume ha contribuito a determinare le condizioni concernenti gli insediamenti e le attività nelle aree vicine alla foce. MIGLIARDI & MAZZETTI ci ricorderanno la particolare attenzione della Repubblica Veneta che nel 1501 istituiva stabilmente il Magistrato delle acque. In tempi più recenti, l'ultimo tratto del Po ha attirato l'attenzione soprattutto in occasione delle inondazioni. Il fenomeno delle alghe che hanno infestato vasti tratti dell'Adriatico si collega a quello dell'inquinamento del fiume. Basta riflettere su questo fatto per rendersi conto che il Po è rilevante non solo con riguardo all'organizzazione del territorio delle regioni limitrofe, ma anche in riferimento alla valorizzazione delle risorse nazionali. Resta confermata l'osservazione già fatta che il problema del Po deve essere considerato nella sua unitarietà. La collaborazione tra l'Accademia delle Scienze di Torino e l'Accademia dei Concordi di Rovigo che ha permesso questo incontro, costituisce un significativo

riconoscimento dell'esigenza di una maggiore e più responsabile attenzione al problema del Po nella sua globalità, sia per quanto riguarda il territorio, sia per quanto concerne i diversi aspetti del problema stesso.

Il Po e il sistema di comunicazioni

A ben vedere il problema del Po si pone nel contesto europeo. Il Po può infatti giocare un ruolo non irrilevante nella configurazione del sistema di comunicazioni europeo. A questo riguardo, certo il Po non ha il rilievo del Reno e del Danubio. Ritengo tuttavia che le possibilità che può offrire il grande fiume italiano non siano da trascurare.

Il problema dei trasporti — esso pure — deve essere considerato nella sua globalità. Un tempo si sottolineavano i rapporti di surrogabilità tra i diversi sistemi di trasporto. Oggi, a me sembrano più rilevanti i rapporti di complementarietà. Ciò al fine, in particolare, di ridurre:

- a) *i fenomeni di congestione*. Un più razionale sviluppo delle ferrovie può contenere l'uso dell'automobile e quindi, in misura notevole, la congestione sulle strade e nelle città. La via fluviale può risultare conveniente per il trasporto di prodotti pesanti e ingombranti. Occorre naturalmente realizzare sistemi di trasporto che possano facilmente combinare il trasporto via acqua su quello per strada e per ferrovia;
- b) *i fenomeni di inquinamento*. Il trasporto fluviale può essere valorizzato anche a scopo turistico, soprattutto se l'ambiente nel suo complesso sarà valorizzato anche a questo fine, come più sopra auspicato.

Sui problemi giuridici relativi alla navigazione sul Po ci riferirà ROMANELLI.

L'uso dell'acqua e il problema dell'inquinamento

Il Po è anche — e preliminarmente — una risorsa idrica che deve essere preservata per i vari usi. Il suo utilizzo non deve riguardare solo le aree limitrofe. Anche in considerazione della gravità del problema idrico si impone la considerazione di un'area assai più estesa di quella costituita dalle regioni limitrofe. Il Po come risorsa idrica interessa quanto meno tutto il Nord d'Italia.

Il problema dell'inquinamento assume un rilievo centrale. Le iniziative che si debbono configurare hanno obiettivi più vasti, tutti ormai urgenti: con una gestione razionale dei rifiuti si possono preservare le

falde acquifere, ridurre l'inquinamento dell'atmosfera e dei terreni: creare le condizioni che rendono possibile affrontare e risolvere il problema dell'inquinamento del Po. Maggiore attenzione deve essere prestata ai problemi dell'inquinamento connessi con certi allevamenti (dei maiali). Nuovi sistemi, che consentano possibilità di riduzione di certi rifiuti e di una loro diversa valorizzazione, possono avere effetti rilevanti ai fini della soluzione di questo grave problema.

Attività e insediamenti lungo il Po

SERENO ci ricorderà i problemi relativi alle strutture insediative ai sistemi agrari e alle reti di comunicazione. GALLINO ci riferirà sulle modifiche intervenute nella struttura dell'agricoltura dopo la riforma agraria del 1951 che ha interessato vari comuni, in particolare del triangolo Ravenna-Ferrara-Chioggia.

Lo sfruttamento di certe complementarità tra le nuove possibilità di trasporto e i nuovi insediamenti industriali, che potrebbero riguardare la trasformazione di prodotti dell'agricoltura e l'agriturismo, potrebbero consentire lo sviluppo di nuove coltivazioni (orticole in particolare) a vantaggio delle economie locali. Un serio problema che occorre all'uopo risolvere è quello della commercializzazione; un problema, in verità, rilevante per le prospettive dell'economia agraria di vaste regioni del Paese (di quelle meridionali, in particolare).

Insedimenti di attività industriali integrabili nell'ambiente debbono essere favorite. È appena il caso di ricordare che solo un'economia articolata, che offra possibilità di impiego in vari settori, può assicurare stabilità all'insediamento della popolazione (i fenomeni di abbandono di certe campagne sono ben noti). A tal fine è necessario creare un ambiente urbano adeguato. Personalmente penso che nel futuro il problema principale nella definizione degli assetti urbani sia quello di far entrare la campagna nella città e di espandere la città nella campagna. Le vie fluviali possono facilitare questo orientamento. Va, a questo riguardo, osservato che il Po non sembra essere adeguatamente valorizzato nelle grandi città che esso attraversa, in particolare nella città di Torino.

Nell'ottica che qui si propone, il problema della flora e della vegetazione del Po, su cui riferiranno SARTORI & BRACCO, assume un particolare rilievo. Esso deve essere affrontato in modo da ricostituire, per quanto possibile, l'ambiente proprio delle aree coinvolte.

I rischi idraulici

Sui problemi idraulici, che in verità si collegano a quelli cui abbiamo accennato, riferiranno altri colleghi: GOVI & MARAGA, PEZZOLI e ZUPPI.

Questi problemi costituiscono un momento della più ampia e, necessariamente, articolata, gestione del Po che deve essere inquadrata nel quadro più vasto dell'organizzazione del territorio della Padania, non certo indipendente dalle prospettive di inserimento del nostro Paese nel nuovo contesto europeo.

Il problema globale

Quanto è stato detto basta a mostrare la necessità di superare le visioni particolaristiche e regionalistiche. Il Po è un sistema complesso che comprende le aree limitrofe, le popolazioni che vivono nell'area, le attività che vi sono insediate e che potrebbero in essa svilupparsi.

Questi problemi sono particolarmente avvertiti per il Delta Padano come apparirà dalla relazione di ZAMBON. Ma, a ben vedere, il problema del Po è un problema unitario, se non fosse per altro, per il problema dell'inquinamento che non si può risolvere solo localmente.

Le istituzioni

Per poter affrontare il problema del Po occorrono strumenti idonei. Io mi limiterò a richiamare l'attenzione su quelli che interessano più da vicino l'economista.

Il primo problema è l'acquisizione di dati. Il Piemonte si trova in una condizione di vantaggio disponendo di un Consorzio su Sistemi Informatici di alta qualificazione che ha già svolto un lavoro di grande interesse su cui riferirà ROVARIS.

Su un'altra valida iniziativa — la costituzione del Parco Fluviale del Po — riferirà SAINI. È un passo avanti ma non sufficiente. Per le ragioni che abbiamo considerato, la tutela e la valorizzazione del Po non possono limitarsi alle zone strettamente adiacenti che disegnano l'ambiente e il paesaggio fluviale. Esse coinvolgono vaste aree che comprendono gli insediamenti residenziali e industriali che interferiscono con il sistema fluviale. Occorre quindi una strategia globale. Ciò, in verità, non solo per le questioni tecniche che risulteranno ancora più chiaramente dalle relazioni specifiche, ma anche per ragioni economiche. Alcune attività necessarie per la tutela e la valorizzazione del Po

non sono convenienti se sono considerate in sé: lo sono se si inquadrano nel contesto del complesso delle iniziative che risulteranno sia dalle decisioni delle varie pubbliche amministrazioni, sia dalle attività dei privati.

Si parla molto di mercato che dovrebbe contrapporsi allo Stato. In effetti, come in altri miei interventi ho avuto modo di chiarire, tra Stato e mercato si stabiliscono rapporti di complementarità. Lo studio dei problemi del Po ci aiuta a meglio comprendere, attraverso significative esemplificazioni, simili rapporti che solo potranno consentire di scoprire prima e di valorizzare poi quel grande bene pubblico che è il Po di cui pochi sembrano accorgersi; un bene che, abbandonato, può procurare danni e rendere meno gradevole la vita di vaste aree del nostro Paese.

Il rischio idraulico del Po

Giannantonio PEZZOLI^(*)

Abstract. - *This paper deals with principal factor of fluvial risk, in particular connected to the river.*

After describing briefly the river, we show that, with climatological factors constants, the biggest phenomena of serious flood are caused, more than in the past, by the work of man.

In questo Convegno sul fiume maggiore d'Italia, dopo i cenni introduttivi generali del prof. LOMBARDINI che hanno tratteggiato i limiti ed i contorni del Convegno stesso, la prima relazione che entra decisamente nel merito dell'argomento principe da trattare, cioè il fiume, tocca, e mi sembra logico, al professore di Idraulica del Politecnico di Torino, qui chiamato in causa, come risulta chiaro dal titolo, nelle vesti di Pubblico Ministero.

In questa mia relazione io dovrei sottolineare gli aspetti negativi del Po, elencare i suoi misfatti, enumerare i rischi che corre chi va in sua compagnia, e come nelle cause di beatificazione l'*Advocatus diaboli* cerca tutti i cavilli che possono opporsi alla dichiarazione di santità del Servo di Dio, così io qui dovrei mettere in luce le «nefandezze» dell'imputato perché poi altri alla fine ne faccia risultare al contrario i lati positivi.

Nella parte che qui mi vede rivestire la toga del Di Pietro dell'occasione, per onestà e per chiarezza occorre che io tratteggi anzitutto brevemente un ritratto dell'imputato, noto e arcinoto, infinite volte chiamato alla sbarra, infinite essendo le occasioni in cui se ne è parlato e sparlato da parte del colto e spesso dell'incolto.

Il Po è il massimo dei fiumi italiani, e in pari tempo l'unico che costituisca, insieme con la numerosa serie dei suoi tributari, un vero e complesso sistema fluviale (fig. 1).

Esso ha origine dal fianco nord-orientale del gruppo del Monviso; la notissima polla che zampilla tra i massi del Pian del Re; a 2020 m,

^(*) Accademia delle Scienze, Torino, ordinario di Idraulica, Politecnico di Torino.

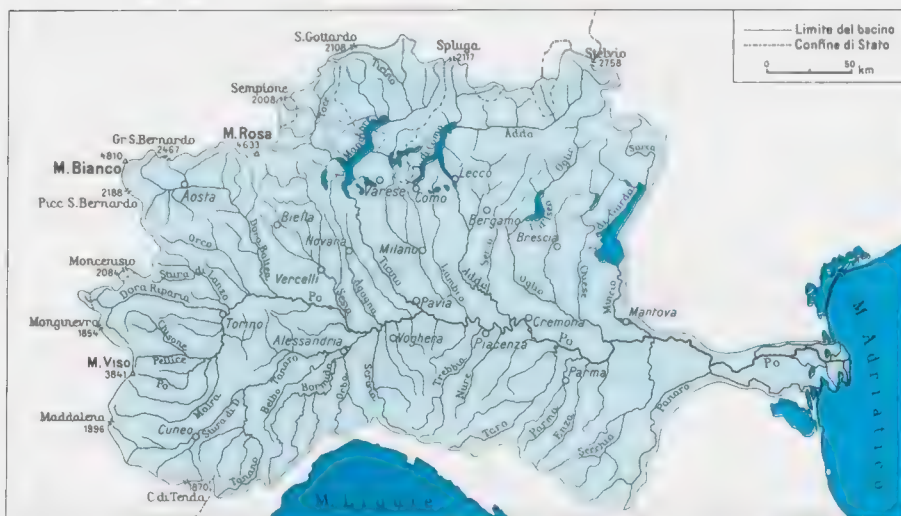


Figura 1 - Il bacino idrografico del Po (da "L'Italia fisica, vol. 1 della collana «Conosci l'Italia» del Touring Club Italiano, 1957").

è solo uno e non il più copioso, dei suoi rami sorgentizi volgendo da W a E il breve corso montano (35 km fino a Revello), nel quale scende di ben 1700 m: la pendenza media, che è del 4,86%, giunge al 9% nei 16 km, che separano le sorgenti da Paesana, a 606 m.s.m.

A valle di Revello il fiume piega verso NE e più decisamente verso Torino, finché, lambite le estreme propaggini appenniniche (colline del Po), riprende a scorrere in direzione di Levante, direzione che conserva in complesso fino al suo sbocco nell'Adriatico, disegnando tuttavia una così numerosa serie di volute e di serpeggiamenti, che, mentre la distanza tra le sorgenti e la foce è di soli 420 km in linea d'aria, la lunghezza dell'alveo raggiunge 670 km. Dopo il suo sbocco in piano le pendenze si riducono da 1 a 1,5‰ nel tratto medio, da Revello alla confluenza del Ticino (247 km); da 0,3 a 0,2‰ di qui alla foce del Ticino stesso, da 0,09 a 0,075‰ fra Ostiglia e Pontelagoscuro, a meno di 0,01‰ negli ultimi 50 km di corso.

Il fiume raccoglie le acque di un bacino esteso 75 000 km² che racchiude le regioni più popolate ed intensamente industrializzate d'Italia, entro la cerchia alpina dalle sue origini fino al gruppo dell'Ortles-Cevedale dove la linea di displuvio scende per l'Adamello alle Prealpi trentine, fiancheggia il Garda e taglia la pianura mantovano-veronese per riprendere sull'opposta gronda fra Panaro e Reno e salire sul cimale appenninico in corrispondenza del Corno alle Scale.

Il bacino comprende e interessa così non solo il territorio politicamente italiano (Piemonte, Lombardia e parte dell'Emilia e del Veneto), ma anche quello della Confederazione Elvetica (bacino del Maggia, dell'alto Ticino e dell'alto Mera). Il rapporto fra la superficie scolante e la lunghezza del recipiente principale è di 115 km² per ogni km di corso; valore più elevato che per qualunque altro fiume italiano (più che doppio di quello del Tevere), ma inferiore a quelli di molti altri fiumi europei (meno di un terzo di quello del Volga).

I valori medi delle precipitazioni si mantengono in tutto il bacino abbastanza elevati, dovunque superiori ai 700 mm annui, giungendo nelle zone marginali fino oltre i 2000 mm; per la maggior parte dell'area emunta oscillano tra gli 800 e i 1000 mm, con tendenza a decrescere, in complesso, da W a E e dalle regioni periferiche verso le interne.

La distribuzione stagionale è però caratterizzata da regimi diversi, che si possono riassumere sostanzialmente in due tipi: quello continentale (con un solo massimo estivo e un solo minimo invernale), che interessa un lembo abbastanza esteso del settore alpino e prealpino (laghi lombardi), e quello sublitoraneo (con due massimi in primavera e in autunno, e due minimi in estate e in inverno), esteso a tutto il rimanente, cioè alla parte senza confronto maggiore del bacino.

Il comportamento delle «punte» è però in questo secondo caso così vario, che si può contrapporre ancora un regime appenninico (con massimo principale molto accentuato in autunno, e un minimo principale in estate) realizzato in prossimità del margine meridionale del bacino, e un regime piemontese (col minimo principale in inverno e il massimo principale in primavera), proprio naturalmente della regione omonima, fino al regime padano vero e proprio, nel cui dominio rientra la porzione più estesa del bacino, regime caratterizzato da un minimo principale in inverno, con due massimi, primaverile e autunnale, quasi uguali o con lieve prevalenza del secondo.

Queste diversità si accentuano ancora nelle parti superiori dei bacini montani per effetto del predominio che qui appare dall'esame delle portate, in misura maggiore o minore, il regime glaciale, con magre invernali e un solo massimo estivo; ma in definitiva tutti gli affluenti vengono ad assumere, nella sezione terminale del loro corso, un regime qualitativamente analogo, con due massimi e due minimi ben netti, che è anche, di conseguenza, il regime proprio del Po, almeno nella maggiore parte del suo corso. Di questi massimi, il principale cade sempre tra Ottobre e Novembre ed il secondario in primavera-estate; dei minimi, il più accentuato è l'invernale (Gennaio), il meno accentuato l'estivo, che corrisponde all'Agosto.

Le differenze essenziali che distinguono il comportamento del fiume da un punto all'altro del suo decorso consistono nel sempre più deciso rilievo che da monte a valle vengono assumendo l'intumescenza autunnale e la magra estiva: ne consegue che i due massimi e i minimi tendono a uguagliarsi, pur rimanendo di regola più decisi il massimo autunnale e il minimo invernale (Gennaio).

Questo comportamento dimostra che l'alimentazione pluviale risulta, in sostanza, la determinante (sempre s'intende, quanto al regime); tuttavia i ghiacciai, l'alimentazione nevosa e la presenza di più o meno vasti serbatoi lacustri fanno sentire il loro influsso anche sul corso del collettore, assommandosi nel diverso modo con cui operano (e operavano in passato) i tributari delle due sponde.

Entità, regolarità e costanza delle portate pongono infatti i fiumi alpini in una condizione di chiara preminenza su quelli appenninici, non alimentati da ghiacciai, spesso privi di bacini di decantamento e in genere più brevi di corso; ma per queste stesse ragioni l'apporto solido è sulla destra del Po (anche in senso assoluto) molto più copioso, e, quel che importa, più di frequente si determinano su questo lato piene e inondazioni, con le quali stanno in rapporto le fasi critiche dell'evoluzione cui è sottoposto l'alveo del fiume.

Inoltre, mentre l'intenso disboscamento del bacino, avvenuto in passato ma tuttora esistente, aumentava il carico di torbide affidato ai tributari, queste non erano lasciate più libere di deporsi nelle zone depresse di confluenza e lungo le sponde del collettore, perché convogliate direttamente al mare.

Tutto il corso del Po è infatti, negli ultimi 410 km (a valle della confluenza del Ticino), imbrigliato entro argini, ciò nonostante è chiara la tendenza dell'alveo a migrare in complesso verso N, per effetto della spinta che gl'imprime il forte carico di torbide proveniente dalle non lontane pendici appenniniche, nelle quali l'attività erosiva è facilitata anche dalla scarsa o debole consistenza e compattezza delle masse rocciose (si ricordi, ad es., il gomito che il Po descrive a valle di Guastalla).

Il diverso comportamento dei tributari sulle due sponde del fiume si riflette anche nel diverso modo con cui avvengono le confluenze; mentre sulla destra i fiumi finiscono con direzione normale, o quasi, a quella del Po, negli affluenti alpini gli alvei s'inflettono a notevole distanza da questo, per secondarne il decorso e unirvisi ad angolo acuto.

In rapporto con la lunghezza e la portata del fiume stanno, nei vari tratti di questo, lo sviluppo e l'ampiezza dei meandri, mediante i quali l'alveo realizza la sua tendenza a spostarsi di continuo verso il basso. A monte della confluenza del Ticino il diametro delle massime botti

supera raramente i 500 m; in corrispondenza alla foce dell'Adda si oltrepassa un km e mezzo: la più ampia chiude la cosiddetta Isola Serafini.

Secondo rilievi ben noti, sotto Cremona un meandro impiegherebbe, in media, 30 anni per occupare, circa 6 km più a valle, il posto del successivo sulla stessa sponda, vale a dire all'incirca con la velocità di qualche centinaio di metri all'anno.

Il Po giunge infine alla foce nell'Adriatico, con un delta formato da numerose bocche, dipartentesi a loro volta da cinque rami: Po di Levante, Po di Maestra, Po di Tolle, Po di Donzella e Po di Gorò. Di questi, il mediano (il terzo) è il più attivo, scaricando da solo l'87% delle acque del fiume attraverso le due bocche della Pila e del Bastimento, che assorbono rispettivamente il 53 e il 24% della sua portata. Il delta (esteso intorno ai 400 km² ed elaborato all'incirca negli ultimi tre secoli) è costituito da materiale assai minuto, con intercalati però spazi più o meno ampi lagunari (valli) o marini (sacche) e, specie nell'interno, file di dossi (scanni), rialzati al massimo una decina di metri, diritti o leggermente inarcati.

Questi lidi sabbiosi, che il mare è venuto costruendo con gli stessi apporti del fiume, permettono di fissare gli stadi attraverso i quali è passata la formazione del delta, o meglio dei delta che costituiscono la foce del Po, delta tutti esterni alla linea delle lagune e tutti, probabilmente, d'epoca storica.

Alla fase che potremmo dire entro lagunare, nella quale il fiume aveva l'estremo corso con regime d'estuario, tenne dietro un primo periodo in cui la deposizione delle alluvioni venne regolata dall'azione delle onde marine; si formarono così, uno dopo l'altro, più sistemi di lidi sabbiosi, ognuno dei quali costituito in sostanza da due ali distese ai due lati del corso d'acqua.

Questa sintetica rappresentazione di quello che ho chiamato il nostro «imputato», ci ha permesso di configurare brevemente i luoghi e le caratteristiche del Po, per cui a questo punto occorre abbandonare il ritratto, per passare, sempre sinteticamente a enumerare i principali capi d'accusa. Quali sono dunque i principali disastri provocati dal nostro massimo corso d'acqua in epoca storica? Quali gli eventi catastrofici di piena di cui almeno qualitativamente abbiamo le descrizioni, e più di recente, oltre le descrizioni anche la quantificazione degli effetti e dei danni?

Nel corso dei secoli numerose sono state le piene di carattere disastroso verificatesi nel Po e delle quali si conservano ricordi storici. La storia raccoglie notizie di una infinità di confronti per le differenti condizioni di civiltà succedutesi nei secoli. Dalle bibliografie sull'ar-

gomento, vale la pena ricordare il pregevole libro di BOTTONI del 1873 e la pubblicazione del MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI: IDRAULICA FLUVIALE IN ITALIA del 1978.

La prima piena del Po di cui ci giunge notizia per aver provocato migliaia di vittime, secondo quanto narra CLUVERIO FILIPPO, sarebbe avvenuta nell'anno 108 a.C. ed altra rovina descrive VIRGILIO nelle *Georgiche* (I, 481). Si ha notizia di altre piene disastrose, nel 589 d.C. al tempo in cui il re Autari reggeva l'Italia e nel 702 d.C., quando i soldati di Federico, Arcivescovo di Ravenna, pensarono bene di difendersi dagli eserciti di Teodorico provocando una rotta.

La prima rotta veramente storica nel senso completo del termine, è però quella di Ficarolo avvenuta circa nel 1150, che ebbe tanta importanza per le sorti della bassa Valle Padana e in particolare di Ferrara. Nei secoli XIII, XIV e XV le rotte che si susseguirono avvennero precipuamente nel territorio ferrarese, alcune delle quali create ad arte dalle genti che infestavano l'Italia, per combattere i propri nemici. Fra di esse gli storici ricordano una piena notevole nel XIII secolo, otto nel XIV e nove nel XV, delle quali quella del 1493 è menzionata in una elegia dell'Ariosto allora diciannovenne.

Nei secoli successivi se ne ricordano: ventidue nel XVI secolo, quattordici nel XVII e nove nel XVIII. A titolo di curiosità può accennarsi che gli storici del tempo narrano che durante le inondazioni del 1577, 1585 e 1595 molti abitanti si salvarono sulle «quore» (isole di materiali torbosi) che galleggiavano sulle acque ed avevano tanto spessore da poter sostenere centinaia di persone.

Se la rotta di Ficarolo fu la più grande per le sue conseguenze (apertura di un nuovo ramo del Po e inizio dell'ostruzione del ramo del Po di Ferrara), quella del 1705 fu più terribile di ogni altra precedente storicamente conosciuta. I danni arrecati, la sua estensione, la desolazione, le rovine, la fame regnavano ovunque, dal Piacentino al Cremonese, al Mantovano, al Modenese, al Ferrarese ed al Veneto.

Nel XIX secolo le piene che particolarmente si distinguono sono in tutto diciannove, di cui le sei degli anni 1801, 1839, 1846, 1857 e 1872 sono le più gravi. Di tali piene si hanno alcune notizie più sicure in quanto si trovano pubblicazioni che riportano dati attendibili, considerazioni e descrizioni delle rovinose conseguenze.

Nel XX secolo le piene più importanti finora da segnalare sono quelle del 1907, 1914 e 1917 nonché quelle del 1926 (due), 1928, 1937, 1945, 1949, 1951, 1953, 1957, 1959 e 1968. È su queste piene che si possono eseguire analisi comparative e studi, in quanto sono le più documentate, tenuto conto che il Servizio Idrografico del Po iniziò la sua attività nel 1912.

Il confronto fra le precipitazioni relative alle diverse piene è possibile a partire dal 1917, in quanto è solo da tale data che la rete pluviometrica del bacino del Po è abbastanza estesa ed omogenea.

Dalla pubblicazione del Servizio Idrologico si possono dedurre i valori delle precipitazioni medie ragguagliate su tutto il bacino che hanno dato luogo alle piene. Dai valori noti emerge, come è naturale, che precipitazioni molto diverse per entità, durata ed intensità possono provocare notevoli piene nel Po, di effetto comparabile. Fra i molteplici fattori, oltre quelli citati, giocano un ruolo importante la distribuzione ietografica, l'indice di aridità, l'invasamento dei corsi d'acqua antecedenti l'evento alluvionale ecc.

Per quanto riguarda la frequenza delle piene, si osserva che eventi eccezionali possono accadere a breve distanza di tempo (piene del 1907, 1917, 1926, 1928), oppure possono coincidere nello stesso anno (Maggio 1926 - Novembre 1926) o nello stesso mese (Novembre 1976).

Si deve a questo punto tenere tuttavia presente, che se un corso d'acqua, anche modesto, può essere causa di danni, di sciagure e talvolta di morte, occorre però mettere in conto che l'acqua è comunque fonte prima di vita e senza di essa nessuna forma di sviluppo di vita umana, animale o vegetale è possibile; non per nulla tutte le grandi civiltà e tutte le città sono sempre sorte in prossimità di corsi d'acqua.

È ovvio quindi che un certo tributo di rischio va pagato ad una risorsa così grande; c'è da chiedersi però quanta responsabilità abbia l'uomo nel non difendersi a dovere, nell'affidare spesso a mani sommamente inesperte ed improvvide la cura dei nostri fiumi e del nostro territorio, mani che con opere dissennate da un lato aumentano a dismisura la cementificazione del territorio e dall'altro propugnano folli teorie naturalisticheggianti sulla libertà di espansione dei corsi d'acqua senza i necessari controlli ed opere di salvaguardia.

Si noti in proposito che mentre si può asserire con una certa sicurezza che almeno negli ultimi 2-3000 anni circa la climatologia della Valle Padana non è sostanzialmente mutata, le grandi alluvioni si sono intensificate nel Medio Evo, quando iniziava a far sentire la sua influenza l'abbandono delle grandi opere di difesa dei romani, per attenuarsi successivamente con la ripresa delle opere degli idraulici lombardi, emiliani e veneti e per infittirsi nuovamente negli ultimi decenni in particolare, a causa delle sfrenate urbanizzazioni e cementificazioni generalizzate di cui si è parlato.

E qualche divagazione meteo-climatologica ci deve essere consentita, perché molto spesso si dimentica che se il territorio può subire, per eventi naturali, sismici, vulcanologici, franosi, ma soprattutto ad opera dell'uomo, profondi mutamenti che possono modificare radicalmente

i fenomeni di deflusso, le stesse cause agiscono solo in misura nulla o pressoché irrilevante sui grandi fenomeni atmosferici e climatologici che provocano invece gli afflussi idrici, vale a dire le piogge.

Quali sono i fattori che condizionano essenzialmente le caratteristiche di piovosità di un sito?

Occorre considerare essenzialmente le caratteristiche termo-dinamiche, la vicinanza di grandi masse acquee che influenzano l'umidità dell'atmosfera, mari, oceani, la distribuzione delle correnti aeree, l'orografia dei luoghi ed una quantità di altri fattori che hanno più o meno forti influenze sull'accumularsi nell'atmosfera della cosiddetta «acqua precipitabile» e quindi sul regime delle piogge.

Le caratteristiche di origine termica derivano evidentemente dall'insolazione dei luoghi, la cui misura, per quanto grossolana e imperfetta è data dal confronto fra la durata dell'insolazione teorica ed il numero di ore di sole effettivamente osservate che permette di stimare il deficit di soleggiamento sui singoli siti, il quale è correlato, oltre che all'esposizione geografica della località, all'incidenza della nebbia e, in misura più ridotta, a foschia, caligine e aerosol presenti nei bassi strati atmosferici.

Questo confronto è generalmente espresso mediante il soleggiamento relativo che è dato dal rapporto percentuale tra il totale di ore in cui il sole ha lasciato la traccia sulla striscia di registrazione dell'eliofanografo e il corrispondente valore dell'insolazione astronomica.

Un'indagine di FANTUZZI e LUCIOLI ha mostrato che l'insolazione relativa mensile nell'Italia del Nord nel semestre freddo possiede una caratteristica peculiare costituita da un minimo particolarmente marcato sulla parte centrale della Pianura Padana ed esteso fino alle zone costiere del Medio Adriatico.

Tale andamento è da collegare all'elevata frequenza della nebbia sulla regione in autunno e in inverno.

Nel semestre caldo invece si verifica una distribuzione opposta. Infatti il soleggiamento relativo sui rilievi alpini e in particolar modo su quelli appenninici è ora inferiore a quello della pianura circostante, specie nei mesi di Luglio e Agosto.

Ciò è determinato, oltre che dall'assenza di nebbia in pianura nel periodo considerato, anche dalla maggiore nuvolosità sui rilievi per la presenza di condizioni più favorevoli allo sviluppo di moti convettivi nelle ore diurne.

Per alcune località il rapporto tra soleggiamento relativo estivo e quello invernale risulta elevato. Così è per esempio per Milano (2,4), Bologna (2,1), Parma (2,2), Pavia (2,7). Valori così alti sono indice di

un comportamento climatologico molto diverso tra estate ed inverno per quanto riguarda sia le formazioni nebbiose che la nuvolosità.

Nella figura 2 tratta da uno studio di CICALA è messo a confronto il soleggiamento relativo tra località alpine, appenniniche e della Pianura Padana.

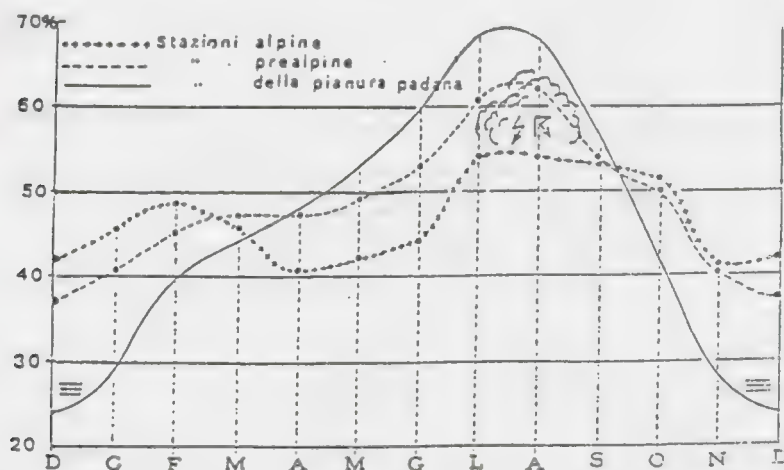


Figura 2 - Andamento mensile del soleggiamento relativo secondo CICALA.

Un altro parametro che caratterizza molto bene un luogo dal punto di vista climatologico e delle precipitazioni, in quanto tiene conto delle posizioni del luogo stesso e delle caratteristiche di temperatura e del gradiente della medesima, è il cosiddetto indice di continentalità come definito da GORCZYNSKY ed espresso da

$$I_c = 1,7 \frac{\Delta T - 12 \sin \phi}{\sin \phi}$$

dove ΔT è l'escursione termica annua e ϕ è la latitudine, uniche grandezze da cui curiosamente dipende questa formula, dotata per altro di buona attendibilità. Tale indice permette di rappresentare il clima di una località in una scala convenzionale da 0 a 100, dove zero rappresenta un clima interamente marittimo e 100 un clima completamente continentale (fig. 3).

In base ai valori dell'indice si ha la seguente classificazione del clima: clima marittimo (0-33); clima continentale (34-66); clima estremamente continentale (67-100).

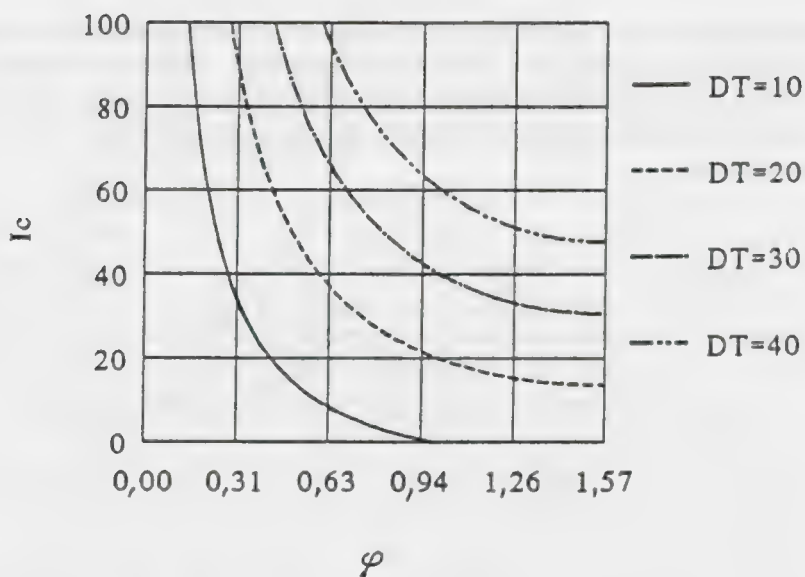


Figura 3 - Grafico dell'indice di continentalità.

La parte centrale della Pianura Padana ha un clima continentale legato essenzialmente all'elevata escursione annua (inverni freddi ed estati calde) (fig. 4).



Figura 4 - Indice di continentalità.

Le zone collinari adiacenti hanno in genere valori inferiori a 30 sia per la minore incidenza delle inversioni termiche nel periodo invernale sia per la maggior parte ventilazione del periodo estivo (fig. 5).



Figura 5 - Intensità media annua delle precipitazioni (in mm/giorno) nel trentennio 1950-1979.

Non possiamo qui addentrarci in disquisizioni meteorologiche che altri ha già sviluppato in maniera molto più ampia ed approfondita, né si è ritenuto di dover riportare troppi dati, diagrammi, cartografie: ne esistono in gran copia, tutti facilmente reperibili presso gli organi istituzionali, Magistrato per il Po, Autorità di Bacino, Regioni ecc. e sono ben noti a studiosi e specialisti.

Per chi non appartiene a queste categorie, penso possano essere sufficienti i cenni che qui ho dato.

Mi sembra ora chiaro, che io debba a questo punto svestire la toga del Pubblico Ministero per rivestire sia pure per il poco tempo residuo, non quella dell'Avvocato difensore, ma il ruolo imparziale di chi giudica non uomini (o non solo uomini) ma soprattutto eventi naturali.

È ovvio, e lo si è già detto, che da certi fenomeni della natura, terremoti, maremoti, vulcanismo ecc., non vi sono praticamente difese, se non blandamente passive; anche contro la pioggia, singolarmente parlando più che l'ombrello altro non possiamo usare, ma contro gli effetti di quest'ultima si può efficacemente lottare, non solo in modo

puramente passivo, ma incidendo con opportune opere ben progettate, ben collocate e ben gestite, sul tessuto idrografico di un corso d'acqua e convertirne i possibili danni in probabili fonti di risorse.

Ma a questo punto occorre che siano gli uomini a studiare i modi e le maniere con cui ovviare ai maggiori inconvenienti, usando altri uomini, i veri esperti, cioè gli idraulici con l'appoggio dei geologi, degli idrogeologi e via via in misura minore di chi può comunque apportare conoscenze, eliminando per quanto possibile ambientalisti generici, sociologi, politologi il cui scopo precipuo è quello di realizzare opere, generalmente non corrette, dando la priorità a situazioni, non sempre in base a scelte tecniche oculate.

La regolarizzazione statistica dei colmi di piena annua per il periodo 1918-1975, relativa alla stazione di Pontelagoscuro (chiusura del bacino), offre i seguenti risultati riportati anche nel grafico di fig. 6.

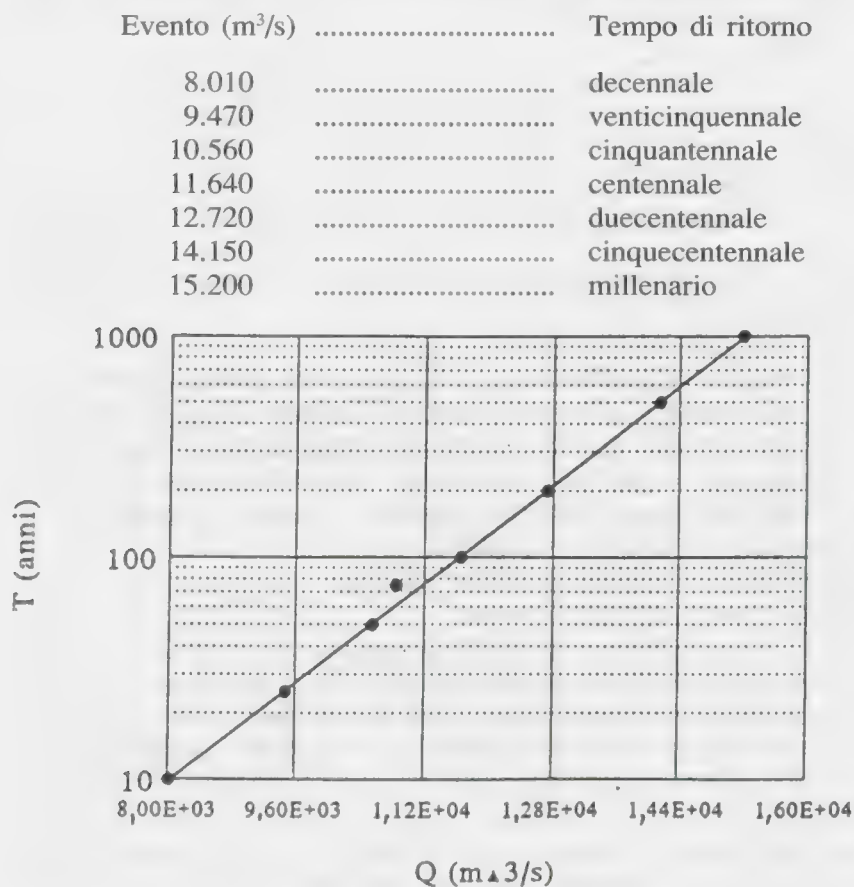


Figura 6 - Regolarizzazione statistica delle piene del Po.

I valori riportati in tabella, pur nelle limitazioni con cui sono stati determinati, forniscono un'indicazione sulla pericolosità delle piene stesse e sui probabili periodi in cui c'è almeno da attendersi una piena di determinata entità.

Ma c'è una considerazione da aggiungere che mi sembra fondamentale e di cui troppo poco si parla: per diversi corsi d'acqua tributari del Po, o anche da esso disgiunti, sono stati di recente eseguiti studi statistici di frequenza delle portate che hanno portato, per piene avvenute più volte negli ultimi decenni, a tempi di ritorno che definire biblici è appena appena indicativo, se si pensa che la Bibbia pone l'origine del mondo, secondo l'interpretazione classica, a 6000 anni addietro.

Si ricordi che un'indagine di ampio respiro, compiuta sulla Bormida e sull'Orba, ha portato idrologi di vaglia a stimare per la portata di circa $2500 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ avvenuta nel 1977 un tempo di ritorno di circa 11000 anni, mentre per quella dell'87, con i dati dell'Ufficio Idrografico del Po, con i limiti di incertezza accettati, a dieci anni di distanza si troverebbero valori del tempo di ritorno che vanno dagli 8000 ai 12000 anni.

È chiaro che si tratta ovviamente di dati fuori da qualunque logica e totalmente inattendibili. La spiegazione di tutto questo però non è di estrema difficoltà dal punto di vista qualitativo, anche se quantitativamente occorre procedere con qualche cautela.

Si tenga presente che i dati con cui sono state costruite le statistiche di cui ci valiamo, sono stati rilevati in epoche in cui il sistema stradale era infinitamente meno esteso e curato, le superfici abitative ed adibite a stabilimenti, a piazzali ecc. erano di gran lunga inferiori, tutte cose che riducevano sensibilmente il coefficiente di deflusso ed aumentavano molto le scabrezze, facendo all'epoca aumentare notevolmente i tempi di corrivazione e diminuendo le corrispondenti portate.

Già nel 1936 PRESS e i suoi collaboratori a Berlino, avevano fatto notare che l'aumento delle opere stradali e l'intensificarsi dei disboscamenti nei bacini imbriferi, portavano alla diminuzione dei tempi di corrivazione e quindi al formarsi di piene più irruenti e gravose.

Quanto sopra detto ha coinciso fra l'altro con un periodo più che ventennale in cui il Servizio Idrografico Nazionale è stato praticamente posto in disarmo, senza che nulla da parte di altri Enti venisse fatto per surrogarlo.

I dati mancanti avrebbero senz'altro mostrato che, se pur la climatologia europea (ed anche mondiale), da diversi millenni non è sostanzialmente cambiata, le portate dei corsi d'acqua si sono sensibilmente accresciute, ed eventi che una volta potevano ritenersi avere frequenza circa secolare, oggi tornano con frequenze decennali od anche più basse, come mostrano ampiamente i fatti di cui si è detto

ed altri ancora più catastrofici riguardanti la Liguria ed il Sud della Francia, ripetutamente e duramente provate negli ultimi anni.

Per instaurare quindi una metodologia razionale, sia pure di larga massima, e per valutare un po' grossolanamente, ma certo con più fondamento l'effettivo tempo di ritorno di un evento di piena, occorre riportare i valori di deflusso a quelli che vi sarebbero stati corrispondentemente prima degli stravolgimenti territoriali dell'ultimo trentennio, altrimenti come abbiamo visto, con piene che oggi sono frequenti, per trovare altri eventi consimili dovremmo risalire all'epoca pre-romana o addirittura alla comparsa dell'uomo di Neanderthal! E ciò è effettivamente privo di senso.

Per riportarci quindi a valori attendibili dei tempi di ritorno per determinate portate occorre risalire a valori di portata quali si sarebbero presentati nel periodo antecedente di circa 30 anni; occorre in sostanza diminuire il coefficiente di deflusso ed aumentare le scabrezze idrauliche in maniera un po' arbitraria, ma prudenziale, mancando dati certi.

Il discorso fatto vale in generale, ma, concludendo, ricordo che il problema è molto più a monte.

Il fiume, il Po in questo caso, va seguito, imbrigliato rigidamente quando occorra, lasciandogli un certo respiro di divagazione quando logici e rigorosi concetti di idraulica fluviale lo consigliano, ricordando sempre che l'idrodinamica da seguire è quella delle miscele polifasi, dell'acqua, ma anche del trasporto di materiale solido in generale, e che solo tenendo conto di tutto ciò potremmo farci ragione degli avvenimenti e prevederli.

Ma non basta seguire il fiume; la cura massima va posta anche nello studio dei suoi affluenti e del bacino in generale, fermare l'urbanizzazione dissennata e cercare occasioni per rallentare comunque il deflusso delle acque, ricordando ancora che l'Italia è stata da sempre la patria ed il vivaio degli idraulici fluviali da LEONARDO DA VINCI agli ingegneri della Serenissima, al GUGLIELMINI, al POLENI ed a PALEOCAPA, senza parlare di quelli del nostro secolo, TURAZZA, FANTOLI, PUPPINI, DE MARCHI, SUPINO, che hanno sempre tracciato vie sicure alle sistemazioni idrauliche con la profonda scienza e conoscenza dell'arte loro, ed il profondo amore e rispetto per la natura che tutta ci circonda.

BIBLIOGRAFIA

- ARREDI F. (1977), *Costruzioni idrauliche*. UTET, Torino.
- BRIGHENTI U. (1967), *La difesa dalle massime piene nel corso medio inferiore del Fiume Po e l'utilizzazione di bacini di scolo goleani ed extra-goleani*. X Congresso di Idraulica e Costruzioni Idrauliche. Cagliari.
- CANALI L. & GIOVANNELLI E. (1964), *Contributo preliminare alle magre del Po con metodi statistici e statico probabilistici*. Ministero dei Lavori Pubblici. Annali Idrologici. Parte II. Ufficio Idrografico del Po, Parma.
- CATI L. (1981), *Idrografia e Idrologia del Po*. Ministero dei Lavori Pubblici. Servizio Idrografico. Pubblicazione 19 dell'Ufficio Idrografico del Po. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- GHERRARDELLI L. (1963), *Caratteri di variabilità dei regimi idrologici e problemi della regolazione*. Ministero dei Lavori Pubblici. Servizio Idrografico. Memorie e Studi Idrografici 2 (1) - Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.
- GIANDOTTI M. (1907), *Sulle portate dei corsi d'acqua in relazione alle precipitazioni meteoriche*. Ministero dei Lavori Pubblici. Annali dei Lavori Pubblici, Roma.
- HORTON E.R. (1953), *Surface runoff phenomena*. Publ. Horton Hydrol. Lab. 101, Woorheesville New York.
- RAFFA U. (1969), *L'evento alluvionale nel bacino del Po*. Ministero dei Lavori Pubblici. L'evento alluvionale del Novembre 1966. Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.

Gli eventi catastrofici del Fiume Po in epoca storica: esperienze ed insegnamenti

Mario GOVI^(*) & Franca MARAGA^(**)

Abstract. - *The Po River is delimited by a continuous embankment system stretching over some 400 km between Ticino junction and Adriatico sea; under these conditions flood disasters occur owing to local breaches by levees overtopping or throughflow. On the basis of historical descriptions and ancient and recent cartography, integrated by the study of aerial photographs, the authors outline the picture of the river channel changes which have taken place during floods over the past 1000 years. The most significant river channel changes were identified in the sector lying between Casalmaggiore (Cremona) and Polesini di Rovigo and Ferrara, running through the province of Mantova. Although protected by levees since the 15th century, this area has been repeatedly subject to the most severe inundations. After the disastrous flood of November 1705, when flooding spread over an area of 2500 square km on both river banks, the same zone was submerged eight times during the 19th century, although affecting smaller areas and showing a flood prevalence for the right-hand bank. Some of these inundations are described and illustrated on the basis of the historical documentation and cartography of the period. The worst flood in this century was that of November 1951 when an area of 990 square km was flooded. On several occasions, these flood disasters have underlined the hazard of unexpected breaches caused by throughflow of embankments.*

Premessa

I problemi connessi alla difesa dalle inondazioni sono stati da lungo tempo oggetto di attenta considerazione da parte delle popolazioni che nel corso dei secoli hanno posto la loro residenza nella pianura attraversata dal Fiume Po, subendo gli effetti di piene ripetitive, talora disastrose.

L'intervento dell'uomo ha portato progressivamente alla costrizione dell'area di pertinenza fluviale entro un sistema di arginature dapprima

^(*) CNR-Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica nell'Italia meridionale ed insulare - Cosenza.

^(**) CNR-Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica nel bacino padano - Torino.

discontinue, poi rese continuative per tutto il medio e basso corso del Fiume Po. Tale sistema di controllo strutturale ha comportato una maggiore diffusione degli insediamenti in territori sempre più prossimi al corso d'acqua ed una maggiore utilizzazione agraria del suolo, ottenuta anche attraverso opere di bonifica delle aree palustri, originaria sede delle divagazioni fluviali e delle espansioni delle acque d'inondazione.

Esternamente al corridoio di piena limitato dagli argini le modalità dei fenomeni di allagamento si sono realizzate in forme esaltate soprattutto per l'impulsività dell'uscita delle acque attraverso una rotta arginale e per l'imprevedibilità del luogo di rottura. In particolare va sottolineato che, in queste circostanze, l'esondazione si produce con maggiore violenza per deflusso concentrato delle acque attraverso una locale rottura dell'argine, piuttosto che per straripamento progressivo e ben distribuito lungo una od entrambe le sponde su un percorso fluviale privo di arginature.

Per quanto sopra esposto, la gravità degli effetti producibili dalle inondazioni del Fiume Po dipende fondamentalmente dai seguenti fattori:

- impulsività dello straripamento delle onde di piena attraverso una o più rotte;
- durata della piena e quindi volumi d'acqua in esondazione;
- dimensioni dell'area invasa dalle acque;
- altezza delle acque d'inondazione e giorni di permanenza degli allagamenti;
- stagionalità dei fenomeni in relazione alla fase di sviluppo delle produzioni agricole;
- modalità di espansione dell'inondazione in relazione alle microforme della pianura ed alle strutture antropiche;
- interazione degli allagamenti con gli insediamenti abitativi;
- grado di preparazione delle comunità residenti a fronte di eventi straordinari.

Il quadro idrografico in base alla documentazione storica

Un'analisi dei fenomeni d'inondazione lungo il Fiume Po ed un esame delle modalità con cui essi si sono verificati nel tempo e nello spazio non possono prescindere da un inquadramento di tali processi nel contesto storico delle modificazioni idrografiche che, per tendenza evolutiva naturale o per motivi antropici, ne hanno di volta in volta condizionato gli effetti. Gli aspetti più significativi delle trasformazioni avvenute in passato lungo i corsi d'acqua padani sono discussi ed

illustrati in numerosi lavori fin dal secolo XVI, ma appaiono particolarmente diffusi e meglio documentati a partire dall'inizio del 1800 (ad es.: ROMANI G., 1828; LITTA A., 1840; PARAZZI A., 1895; AVERONE A., 1905).

La prima carta del Fiume Po, planimetricamente corretta, compare nel 1821, composta da 47 tavole alla scala 1:15 000; vi è raffigurato il percorso fluviale dalla confluenza con il Ticino alla foce in mare, rilevato in base ad operazioni topografiche compiute tra gli anni 1812 e 1815 (MASETTI A., 1833). Sulla medesima cartografia sono stati apportati successivi aggiornamenti a seguito di osservazioni e controlli effettuati nel periodo 1852-1857.

Negli ultimi decenni del secolo scorso, in base alle livellazioni compiute dal Ministero dei Lavori Pubblici e, soprattutto, per i sistematici rilevamenti topografici effettuati dall'Istituto Geografico Militare, la documentazione cartografica assume caratteristiche plano-altimetriche di buona affidabilità, fornendo una rappresentazione dettagliata ed omogenea dell'intera rete idrografica padana.

Nell'ambito delle iniziative promosse dalla Commissione Brioschi, costituita dal Ministero dei Lavori Pubblici nel 1873 dopo il grave evento alluvionale del 1872, i vari Uffici del Genio Civile furono incaricati di realizzare una planimetria aggiornata del corso del Fiume Po da Torino al mare, alla scala di 1:50 000, e di procedere al rilievo di 89 sezioni trasversali nel tratto arginato dalla provincia di Pavia al mare. I risultati delle operazioni topografiche di livellazione compiute nel 1874-75 sono stati pubblicati in 22 fogli nel 1887, a cura dell'Istituto Geografico Militare di Firenze. Le 89 sezioni trasversali identificate con capisaldi lungo l'asta del Fiume Po hanno costituito una preziosa base comparativa di riferimento per tutti i rilevamenti successivi, eseguiti al fine di controllare le progressive variazioni geometriche dell'alveo.

Nel secolo attuale, con l'impiego delle riprese fotografiche da aereo, adottato per settori di specifico interesse nel periodo 1930-1940 ed esteso all'intero territorio nazionale negli anni 1954-1955, viene infine resa disponibile, anche attraverso periodici aggiornamenti, una documentazione di base di valore insostituibile per lo studio dei corsi d'acqua, sia nella loro espressione attuale che nelle loro evoluzioni passate.

Lo studio della cartografia antica e recente, integrato da osservazioni su aerofotografie, ha messo in luce che per un periodo di 150 anni circa, a partire dall'inizio del secolo scorso, il Fiume Po, pur mantenendo dinamicamente pressoché invariata la tipologia d'alveo lungo quasi tutto il suo percorso in pianura, ha manifestato una evidente propensione ad incrementare nel tempo la sua lunghezza (GOVI & TURITTO, 1993). Dagli anni 1950-1960 tale tendenza si è drasticamente modificata,

soprattutto per interventi antropici, con effetti di approfondimento d'alveo, diffusa canalizzazione e riduzione di lunghezza.

Un quadro attendibile dell'insieme di modificazioni idrografiche avvenute durante l'ultimo millennio è ricostruibile lungo il tratto di Fiume Po da Cremona al mare, per il quale è disponibile una documentazione storica particolarmente abbondante; in tale quadro sono identificabili, anche in base ad analisi interpretative di foto aeree, alcuni settori più significativi e morfologicamente differenziati:

- un'area in sinistra Po, nei territori di Casalmaggiore (CR) e Viadana (MN) fino alla confluenza Oglio, caratterizzata da dossi e depressioni, ad andamento obliquo divergente rispetto all'asse di Po, retaggio di antichi alvei, e con pendenza generale verso una bassura nord-orientale compresa tra il corso del Po e dell'Oglio;
- un'area in sponda destra, nell'Oltrepo' mantovano, contraddistinta da avvallamenti sicuramente riconducibili ad antichi rami di Po disposti parallelamente all'attuale percorso, attraversati da affluenti appenninici che, essendo stati progressivamente arginati, suddividono il territorio in bacini scolanti separati;
- un'area corrispondente ai Polesini di Rovigo e di Ferrara, nell'ambito della quale la modificazione di maggior rilievo è quella avvenuta nel 1152 presso la località Ficarolo (RO), quando, per rotta naturale o per taglio artificiale, il Fiume Po si aperse un nuovo alveo detto Po di Venezia, rendendo progressivamente inofficioso il precedente ramo di Ferrara (Po di Volano): al contorno di quest'ultimo si sviluppano ancora valli palustri e salmastre, percorse da ramificazioni deltizie, da secoli utilizzate come canali di scolo.

Anche gli elementi conoscitivi riguardanti le piene fluviali ed i loro effetti sono differenziabili, per qualità dei dati, secondo il periodo cui si riferiscono. Le pubblicazioni e la documentazione inedita comparse nel periodo antecedente al secolo XIX, pur contenendo talora notizie quantitative circa l'idrometria e talora anche la pluviometria di singoli luoghi, risultano essenzialmente di tipo descrittivo ed ogni confronto con i dati successivamente raccolti appare incerto o quanto meno di significato locale.

Nel primo decennio del secolo scorso, l'unificazione dei regolamenti idraulici, decretata durante la dominazione francese e recepita in gran parte dal successivo governo austriaco del Lombardo-Veneto, pone le basi per una organizzazione omogenea dei servizi di controllo e di sistemazione fluviale. Gli studi ed i rapporti tecnici sulle piene, sulle rotte alle arginature e sulle aree inondate si fondano, quindi, su dati idrometrici ben distribuiti e continuativi, che assumono un ottimo livel-

lo di precisione dopo la costituzione del Regno d'Italia, grazie ai lavori svolti negli anni 1874-1878 dagli ingegneri del Genio Civile, secondo gli indirizzi dati dalla già citata Commissione Ministeriale presieduta dal Senatore Brioschi.

La notevole efficienza dei Servizi tecnici dipendenti dal Ministero dei Lavori Pubblici emerge dall'abbondante documentazione prodotta dalla Direzione Generale per le Opere Idrauliche, in riferimento agli eventi di piena ed alle attività svolte dagli Uffici periferici nel periodo tra il 1873 ed il 1905. Sono stati pubblicati 14 volumi, contenenti relazioni tecniche, tabelle delle altezze di piena osservate ai vari idrometri padani, cronologie delle inondazioni, cartografie delle aree allagate e rendiconti dei lavori di sistemazione idraulica compiuti (MIN. LL.PP., 1875-1891; MIN. LL.PP., 1907-1908).

L'organizzazione delle misure idrologiche, delle indagini sulle piene, degli aggiornamenti topo-cartografici e degli interventi sul Fiume Po si sviluppa in un quadro unitario d'iniziativa con l'istituzione dell'Ufficio Idrografico del Po (1913) e successivamente (1957) del Magistrato per il Po: quest'ultimo, organo operativo e di coordinamento per i lavori lungo tutti i corsi d'acqua padani.

Le grandi inondazioni

La storia antica e recente riguardante le inondazioni lungo la rete idrografica padana fa rilevare, come già fatto cenno in premessa, che la gravità degli effetti prodotti dipende non solo dalle altezze idrometriche raggiunte nella fase di colmo delle piene e dalla loro durata, ma anche dalla rapidità con cui le acque non più contenute in alveo straripano e, soprattutto in presenza di arginature, dalle cause che danno origine alle rotte.

In particolare lungo il Fiume Po, che nella media e bassa Pianura Padana è delimitato da un continuo sistema arginale per un percorso di 400 km circa, le inondazioni possono manifestarsi con la maggiore pericolosità quando avvengono per improvviso cedimento di un tratto d'argine, dovuto a sifonamento. In questo caso, infatti, qualora le filtrazioni d'acqua sul paramento esterno dell'argine non vengano segnalate con tempestività, i tempi minimi necessari per impedire la rottura del manufatto sono in genere talmente brevi da non consentire forme efficaci d'intervento. In mancanza di precise conoscenze circa la composizione dei depositi alluvionali alla base delle arginature e circa la qualità dei materiali che costituiscono queste ultime, tali fenomeni possono manifestarsi in luoghi difficilmente prevedibili lungo l'intero sviluppo del sistema arginale.

Per contro, le rotte dovute alla tracimazione o all'erosione al piede dell'argine avvengono generalmente in corrispondenza a tratti dall'alveo di piena con caratteristiche geometriche predisponenti. La rottura prodotta dalla tracimazione avviene solitamente qualche tempo dopo il sormonto dell'argine e, quindi, il pericolo di rottura può essere previsto, ottenendo un certo margine di preavviso attraverso un opportuno servizio di sorveglianza sul progressivo incremento delle altezze idrometriche sopra il livello di guardia e rispetto alle sommità arginali.

Rotte impulsive per sifonamento sono ben descritte in concomitanza alle piene del Novembre 1839 sull'argine sinistro del Po di Goro (Frodo Paisan), a valle di Ariano Polesine (RO), dell'Ottobre 1872 sull'argine destro presso Brede (MN), del Giugno 1879 sull'argine destro, Frodo Colombara, a Borgofranco (MN), del Novembre 1951 sull'argine destro in località Mezzani (PR).

L'espansione delle acque di piena sul piano campagna assume carattere catastrofico in relazione all'ampiezza dell'area inondata e alla permanenza delle acque di allagamento, effetti che hanno riguardato con particolare ricorrenza e gravità la bassa Pianura Padana nel tratto di Po tra la confluenza del Fiume Oglio e la foce in mare. Qui, la maggiore estensione degli allagamenti, ricostruibili con buona affidabilità, risale all'evento di piena del Novembre 1705, quando il Fiume Po, attraverso numerosissime rotte, inondò 2500 km² di terreno, sia in sponda destra sia in sponda sinistra (tav. 1).

Durante il XIX secolo le notizie storiche pongono in evidenza una maggiore frequenza delle inondazioni con allagamenti che coprono superfici comprese tra 400 e 1650 km² e che spesso si ripetono nelle medesime aree:

- nel Novembre 1801 e Dicembre 1807 sui territori del Mantovano e del Polesine di Rovigo, in sponda sinistra del Fiume Po.
- nell'Ottobre 1812 e nel Maggio 1872 sul territorio del Polesine di Ferrara in sponda destra del Fiume Po (tav. 2);
- nel Novembre 1839, Ottobre 1872 e Giugno 1879 sul territorio in sponda destra del Fiume Po, compreso tra il Fiume Secchia ed il Fiume Panaro nelle provincie di Mantova, Modena e Ferrara (tav. 3).

Nel secolo attuale l'evento di piena che ha prodotto inondazioni di ampiezza confrontabile con le precedenti è quello del Novembre 1951, con allagamenti sulle campagne del Mantovano e del Polesine in sponda sinistra del Fiume Po per una estensione di 990 km² circa.

Nei casi citati è segnalata una lunga permanenza delle acque sul piano campagna, variabile tra 2 e 5 mesi.

Nella media Pianura Padana, nel tratto di Po tra le confluenze del

Fiume Ticino e del Fiume Oglio, gli allagamenti risultano distribuiti sempre con maggiore discontinuità, estesi su aree globalmente non superiori a 200 km², almeno per quanto riguarda gli eventi del XIX e XX secolo: non sono quantificabili, in questo settore, le superfici inondate nel corso della più disastrosa piena conosciuta, verificatasi nel 1705.

Le notizie storiche precedenti al 1800, pur fornendo sufficienti informazioni circa il numero delle rotte e la loro localizzazione, raramente consentono una valutazione quantitativa delle superfici inondate, quale invece è possibile per gli eventi successivi. A partire dal 1800 è dimostrabile, comunque, che non esiste una diretta relazione tra il numero delle rotte e l'estensione delle aree allagate: è peraltro significativo il fatto che numerose rotte nel tratto mediano del Fiume Po danno luogo ad una espansione delle acque di gran lunga inferiore a quella connessa a poche rotte nel tratto mantovano e ferrarese, in ragione delle differenti condizioni morfologiche e plano-altimetriche della pianura.

La lunga cronologia delle inondazioni del Fiume Po (LOMBARDINI, 1840; BOTTONI, 1873; BOCCHI, 1873-74, MIN. LL.PP., 1878; MANTOVANI, 1886; MORI, 1937) pone in luce che le zone di maggiore espansione degli allagamenti corrispondono spesso a settori di pianura che in passato furono sede delle più importanti trasformazioni idrografiche.

Tra questi vanno segnalati, procedendo da monte verso valle ed in sponda sinistra, il tratto pavese dei meandri abbandonati tra San Zenone e Monticelli e la già citata area di Casalmaggiore - Viadana fino alla confluenza con il Fiume Oglio. In sponda destra, si pone soprattutto in evidenza il vasto territorio tra Suzzara e Bondeno, nell'Oltrepo' mantovano, dove si manifestarono le maggiori variazioni nell'andamento dell'asse fluviale.

Un sistematico riconoscimento delle varie forme corrispondenti ad un'idrografia relitta ai lati dell'intero percorso del Fiume Po, può quindi esser considerato un utile mezzo per orientare la delimitazione delle aree maggiormente esposte a rischio di inondazione.

Considerazioni conclusive

Tutta la letteratura recente riguardante le piene nella Pianura Padana identifica nel progressivo aumento d'altezza e di lunghezza delle arginature lungo il Fiume Po ed i suoi tributari la causa principale degli incrementi di altezza idrometrica registrati alla stazione di Pontelagoscuro, corrispondentemente alla quale i livelli di piena sopra la

guardia, registrati tra il 1801 ed il 1951, sono pressoché raddoppiati.

Considerando il percorso del Fiume Po nel suo sviluppo dal Ticino al mare, si rileva, per il medesimo periodo, che il numero delle rotte tende complessivamente a diminuire. A tale riduzione tuttavia non corrisponde una proporzionale minor ampiezza delle superfici inondate: ciò è dovuto al fatto che la massima estensione degli allagamenti si genera sempre nel tratto mantovano e dei Polesini di Rovigo e di Ferrara, dove il numero delle rotte è rimasto modesto e pressoché invariato.

I dati raccolti sulle piene ed inondazioni del Fiume Po sono particolarmente numerosi e ben circostanziati soprattutto in riferimento ai territori mantovano, ferrarese ed al Polesine di Rovigo. Analizzando gli eventi avvenuti a partire dal 1500, quando le arginature erano in questi territori già completate su entrambi i lati, si può constatare che le esondazioni che hanno comportato importanti allagamenti furono ventisette. La distribuzione dei fenomeni nell'intervallo di tempo considerato, pari a quasi 500 anni, pone in evidenza la maggior frequenza degli eventi (8 casi) nel secolo XIX, contraddistinto da inondazioni che spesso si sono ripetute nelle medesime aree.

È necessario far rilevare che, in questo tratto, l'area interposta tra gli argini e le sponde del Fiume Po (golena), essendo notevolmente più ristretta, offre una minore capacità d'invaso rispetto ai tratti superiori e, quindi, in occasione di rotta dell'argine, i volumi d'acqua d'inondazione sono molto più elevati.

Nei 500 anni presi in esame le rotte e le inondazioni sono avvenute con frequenza quasi doppia in sponda destra rispetto al lato opposto: il territorio dell'Oltrepo' mantovano è stato estesamente sommerso per ben 10 volte.

Tra i centri abitati più importanti, la città di Mantova, a causa delle particolari condizioni idrografiche del territorio che la circonda, ha frequentemente subito i danni più gravi; Rovigo raramente è stata raggiunta dalle acque d'esondazione del Fiume Po ed anche Ferrara, pur ripetutamente minacciata da inondazione, poche volte è stata invasa dalle acque entro il centro storico.

Tenuto conto che nelle attuali condizioni di occupazione antropica del suolo la difesa dalle inondazioni nel tratto inferiore del Fiume Po dipende dalla efficienza funzionale delle arginature, sarebbe auspicabile che nell'ambito dei progetti di pianificazione territoriale tale sistema di difesa non venga identificato come garanzia di sicurezza permanente e, soprattutto, non cancelli la memoria storica del pericolo delle rotte d'argine.

BIBLIOGRAFIA

- AVERONE A. (1905), *Cenni storici sul Fiume [Po]*, in: «Min. LL.PP., Commissione per la navigazione interna, Atti del Comitato Tecnico Esecutivo», Vol: II, parte I, 21-45.
- BOCCHI F. (1873-74), *Cronaca idrografica della Bassa Vallata Padana*, Archivio Veneto, Tomo VI, 5-36 e 225-257; Tomo VII, 34-67 e 250-275.
- BOTTONI A. (1873), *Appunti storici sulle rotte del basso Po dai tempi romani a tutto il 1839 e relazione di quelle di Guarda e di Revere nel 1872*, Tip. Sociale, Ferrara, 221 pp.
- GOVI M. & TURITTO O. (1993), *Processi di dinamica fluviale lungo l'asta del Po*, Acqua-Aria, 6, 575-588.
- LITTA A. (1840), *Sull'antico corso del Fiume Po*, Il Politecnico, 3, 323-336.
- LOMBARDINI E. (1840), *Intorno al sistema idraulico del Po*, Coi tipi di Luigi di Giacomo Pirola, Milano, 76 pp., 2 Tavv.
- MANTOVANI G. (1886), *Annuario idrografico padano (saggio potamologico)*, Gaffuri & Gatti, Bergamo, 112 pp.
- MASETTI A. (1833), *Notizie statistiche intorno ai fiumi, laghi e canali navigabili delle provincie comprese nel governo di Milano*, Dall'Imperiale Regia Stamperia, Milano, 231 pp.
- MINISTERO LL. PP. (1875-1891), *Relazione sui Servizi Idraulici, 1873-1890*, Tip. Eredi Botta, Roma, 7 Volumi.
- MINISTERO LL. PP. (1878), *Sull'Idrografia e sull'idraulica fluviale in Italia. Cenni Monografici*, Tip. Eredi Botta, Roma, 613 pp.
- Ministero LL. PP. (1907-1908), *Relazione sui servizi dipendenti dalla Direzione generale delle Opere idrauliche, 1890-1906*, Tip. Manuzio, Roma, 7 Volumi.
- MORI A. (1937), *Cronaca delle inondazioni del Po*, Archivio Storico Parmense, 2, 19-48.
- PARAZZI A. (1893-1894), *Sul corso antico de' fiumi Po, Oglio e Adda nel distretto di Viadana, secondo le ultime ricerche*, Atti e Memorie della R. Accademia Virgiliana di Mantova, 3-18.
- ROMANI G. (1828), *Dell'antico corso de' fiumi Po, Oglio ed Adda negli agri cremonesi, parmigiano, casalasco e basso mantovano*, Seconda edizione aggiunta di osservazioni inedite sul Fiume Adda., Tip. Silvestri, Milano, 85 pp.
- COLLABORATORI: Ettore BERETTA per la raccolta dei dati storici ed Edoardo VIOLA per l'allestimento delle Tavole riprodotte, CNR, Istituto di ricerca per la protezione Idrogeologica nel bacino padano, Torino.

APPENDICE CARTOGRAFICA

La selezione cartografica proposta nelle tre tavole pieghevoli documenta gli anni ed i luoghi di particolare interesse per l'eccezionalità dei fenomeni di esondazione causati da rotte degli argini durante i secoli XVIII e XIX: il 1705, quando tutta la rete padana a valle di Casalmaggiore (CR) accusò una piena straordinaria, con numerosissime rotte lungo il Fiume Po e suoi affluenti; il 1872 in provincia di Ferrara, con le rotte di Guarda in destra Po, per l'estensione e la durata degli allagamenti prodotti che si distribuirono fino al mare, causa sifonamento improvviso dell'argine (la stessa area era stata sommersa nel 1500 per cinque volte); il 1879 in provincia di Mantova, Modena e Ferrara, con le rotte di Borgofranco in destra Po, data l'estensione e la ricorrenza degli allagamenti, pari a circa 500 km² per tre volte nel 1800 e nel 1500.

Tra i casi presentati si pone in maggior risalto l'evento del Novembre 1705, rimasto per quasi un secolo il massimo per altezza di piena e ancora non superato per estensione dell'area inondata. La straordinarietà dell'evento emerge non solo dalla maggiore attenzione ad esso rivolta dagli storici e dagli autori di cronache, ma anche dai diffusi riferimenti che, per motivi di confronto con altre piene successive, si trovano contenuti nei rapporti tecnici riguardanti l'idrometria del Fiume Po. All'inizio del 1700 il sistema di arginature era ormai completo e continuativo dal Cremonese e Parmense fino al Delta; la funzionalità di tale sistema e gli effetti connessi al più contenuto spazio di espansione fluviale venivano, forse per la prima volta, messi alla prova a fronte di una grande piena.

Da Casalmaggiore al Ferrarese gli argini furono sormontati o sfondati in moltissimi luoghi; nel solo tratto Mantovano da Luzzara a Quatrelle (82 km circa) sono state segnalate lungo il Fiume Po e i tratti inferiori degli affluenti 42 rotte di cui 9 sul lato sinistro e 33 su quello destro. Lungo il Fiume Mincio, nel breve tratto a valle di Mantova (15 km circa), si aprirono 12 rotte. L'evento perdurò diversi giorni; la prima rotta con esondazione a Casalmaggiore e paesi limitrofi si verificò il 4 Novembre (oltre 300 case abbattute, 24 vittime) e l'ultima rotta d'argine avvenne il 16 Novembre, all'inizio del tratto di Po in provincia di Ferrara, presso la località Stellata, con minaccia diretta al Capoluogo.

La cartografia dell'area inondata realizzata da G.T. BONADINI (1706), che peraltro esclude le esondazioni riguardanti la sponda cremonese e parmense, fornisce un quadro della vastità di territorio coperto dalle acque, con illustrazione delle rotte più importanti.

Nel decorso della piena, oltre agli effetti pur molto gravi ma relativamente localizzati prodotti nella zona di Casalmaggiore, sono identificabili almeno tre luoghi di rotta, presenti sulla cartografia, a cui è stato attribuito un ruolo determinante ai fini della espansione delle acque verso valle su una così vasta superficie.

In ordine cronologico, va citata per prima la rotta di Corbola nell'isola di Ariano, apertasi il 5 Novembre e progressivamente dilatatasi fino a raggiungere in cinque giorni una larghezza di oltre 1200 m (BOTTONI, 1873); da questo varco nell'arginatura destra di Po e da altri minori le acque si espandevano sull'intera isola, sfondavano in alcuni punti gli argini del Po di Goro dilagando il giorno 11 Novembre fino a Codigoro sul Po di Volano. Sormontate le difese di quest'ultimo, l'inondazione si estendeva nelle valli di Comacchio, minacciando di sommergere anche questa cittadina, rimasta in uno stato di emergenza fino al 27 Novembre.

Segue la rotta di Picaja, avvenuta l'8 Novembre nell'argine destro di Po, 5 km circa a Nord di Luzzara (MN). In base ad appositi sopralluoghi effettuati subito dopo l'evento lungo l'intero sistema d'argini mantovano (BOTTONI, 1873, 97-99), la larghezza di questa apertura nel corpo arginale è risultata di oltre 700 m. La piena del Fiume Po, qui non molto attenuata dalle esondazioni avvenute a monte sulle sponde parmense e cremonese, immetteva attraverso questo varco un'impetuosa corrente, che, pur espandendosi arealmente, defluiva più rapidamente lungo i solchi dell'idrografia relitta (Po Lirone-Colatore Zara) fino ad incontrare gli argini del Fiume Secchia, già in parte dissestati, sfondandoli in più punti. L'enorme quantità d'acqua dilagante, unita a quella proveniente da altre rotte in destra del Fiume Po (S. Benedetto, Brede, Sabbioncello, Revere) si scaricava verso Bondeno, appoggiandosi il giorno 11 Novembre agli argini del Fiume Panaro, ben presto superati, e inondava estesamente il Ferrarese, in destra Po.

Infine si ricorda la rotta di Scorzarolo (MN), di poco successiva alla precedente, aperta per sfondamento dell'argine sinistro di Po 1 km circa a valle della confluenza del Fiume Oglio. Le acque esondate attraverso questa rotta, ampia oltre 300 m, e pervenute contro gli argini del Mincio riproponevano i medesimi effetti di sfondamento già rilevati in destra del Fiume Po lungo Secchia e Panaro. Rotte le arginature del Fiume Mincio in 12 luoghi, l'inondazione, anche qui ulteriormente alimentata da altre fuoriuscite d'acqua, provenienti dall'argine sinistro di Po, (Sustinente, Libiola, Palantone), si estendeva verso il Polesine di Rovigo, fino a raggiungere Polesella il giorno 15 Novembre.

Oltre ai già citati danni prodotti dall'evento di piena nel territorio di Casalmaggiore, la documentazione disponibile segnala, senza precisarne il numero, una rilevante quantità di case abbattute e di vittime.

Gli effetti delle esondazioni connessi agli insabbiamenti che resero inofficiosa buona parte della rete scolante nelle zone di recente bonifica, unitamente ai diffusi dissesti prodotti nelle arginature maestre ed in quelle golenali, si risentirono per molti decenni. Eventi di piena successivi (Ottobre 1755, Giugno 1772), pur non eccezionali, trovarono gli argini, soprattutto nel Ferrarese, ancora in condizioni di scarsa efficienza funzionale e in alcuni luoghi furono rotti e sormontati.

Tavola 1

Geografia dei Ducati di Guastalla, Mirandola, Mantova e Ferrara, col Polesine di Rovigo, e parte del Veronese, Vicentino, Padoano, Bresciano, Modenese, Bolognese, e Ravennate; fatto per dimostrare l'Inondazione del Ferrarese successa nel mese di Novembre 1705; e causata dalle Rotte del Po, Mincio, e Secchia nel Mantouano (sono indicate in carta 48 rotte con numerazione progressiva da monte a valle) di Giuseppe Tomaso BONFANDINI Ferrarese.

Stampata in Ferrara il 20 Maggio 1706.

Riproduzione ridotta a scala di 1:420 000 circa, modificata con evidenza a colore dell'area allagata, del percorso del Fiume Po di Venezia e delle sue rotte (1 - Rotta della Piccaglia al Tabellano, 2 - Rotta di Scorzarolo, 4 - Rotta di S. Benedetto, 5 - Rotta, e Froidi di Brede, 13 - Rotta del Froido di Sabioncello, 14 - Froido dell'Albiola, 15 - Rotta di Perarolo, 16 - Rotta nella Coronella delle Pieve, 17 - Rotte di Revere, e Froidi di Sermide, Fellonica, e delle Stregie, 18 - Rotta della Chiavica delle Quattrelle, 32 - Rotta di Salera in Golena, 36 - Rotta in faccia à Cà Badoero, 39 - Rotta di Corbola).

INONDAZIONE 1705

Situazioni di più elevata criticità ai fini dell'espansione delle acque d'inondazione:

- a) 5 Novembre - Rotta di Corbola (rotta n° 39).

Larghezza della rotta 1200: m.

Era inondata l'isola di Ariano con successiva estensione dell'allagamento fino a Codigoro (11 Novembre) e quindi con sommersione delle valli di Comacchio.

- b) 8 Novembre - Rotta di Picaja (Luzzara) (rotta n° 1).

Larghezza: 700 m.

L'inondazione, alimentata anche da altre rotte negli argini del Po e del Secchia, sommergeva in 4 giorni l'intero territorio mantovano in destra Po fino al Polesine di Ferrara.

- c) 9 Novembre - Rotta di Scorzarolo (rotta n° 2).

Larghezza: 300 m.

L'inondazione dilagante da questa rotta e da altre negli argini del Mincio e del Po si estendeva sul Mantovano e sul Polesine di Rovigo fino a raggiungere Polesella il giorno 15 Novembre.

Tavola 2

Carta geografica della parte della provincia ferrarese stata inondata dalle rotte (con pianta delle due rotte del Po del 28 Maggio 1872 avvenute nell'argine destro a Guarda Ferrarese). In «Ministero dei Lavori Pubblici, Giornale del Genio Civile, 1872, tav. 3».

Riproduzione ridotta a scala di 1:65 000 circa.

INONDAZIONE 1872

Sponda destra del Fiume Po; piena in fase decrescente.

28 Maggio - Rotta in località Guarda Ferrarese.

Larghezza della rotta: 1055 (4 aperture).

Causa: sifonamento di argine di coronella.

Tempi di espandimento su 700 km²: 9 giorni.

Durata dell'allagamento: quasi due mesi.

Cenno storico:

Nel Maggio il Po andò in piena e il 27 raggiunse l'altezza di metri 2 55 sullo zero dell'idrometro di Pontelagoscuro. Il giorno seguente alle 2 pomeridiane, mentre la piena decresceva e niuno indizio di pericolo avevasi nelle arginature, improvvisamente si squarciò per sifone la coronella di Guarda Ferrarese, e le acque del Po irrupero sui territori dei comuni di Copparo, Mesola, Codigoro, Ferrara, Migliaro, Comacchio, per circa 700 chilometri quadrati; i primi tre furono completamente sommersi e gli altri parzialmente. Le acque furono tratteneute dall'arginatura del Volano, eccettuato l'ultimo tronco dove gli argini furono sormontati, estendendosi l'inondazione a una parte delle valli di Comacchio. I danni furono gravissimi, essendo andati perduti tutti i raccolti dell'anno. La rotta fu chiusa il giorno 22 Luglio.

(tratto da MIN. LL.PP. (1873), *Relazione generale sulle piene dei fiumi nell'autunno dell'anno 1872*, Allegato IX, p. 128).

Tavola 3

Topografia del territorio inondato per la Rotta di Borgofranco avvenuta il 4 Giugno 1879 con indicazioni relative alle rotte del 1872 e del 1839. In: «Ministero dei Lavori Pubblici, Relazione sui Servizi Idraulici del biennio 1879-80, tav. 2, Tipografia Eredi Botta, Roma, 1881».

Il perimetro segnato di color rosso indica il limite della massima inondazione del 1879 (rotta del 4 Giugno 1879), quello in colore azzurro del 1872 (rotta del 23 Ottobre 1879), quello di colore verde del 1839 (rotte del 12 e 16 Novembre 1839). I numeri scritti sparsamente e tra parentesi sulla pianta indicano la massima altezza delle inondazioni coi colori dei rispettivi perimetri.

Riproduzione ridotta a scala di 1:140 000 circa.

INONDAZIONE 1839

Sponda destra del Fiume Po: piena in fase decrescente.

12 Novembre - Rotta in località Bonizzo.

Larghezza della rotta: 950 m.

Causa: erosione al piede di argine in frodo.

16 Novembre - Rotta in località Casteltrivellino.

Larghezza della rotta: 570 m.

Causa: erosione di argine in frodo.

Tempi di espandimento dell'inondazione su 470 km²: 8 giorni.

Durata dell'allagamento: 3 mesi.

INONDAZIONE 1872

Sponda destra del Fiume Po: piena in fase crescente.

23 Ottobre - Rotta in località Ronchi di Revere.

Larghezza della rotta: 430 m.

Causa: sormonto dell'argine.

Tempi di espandimento su 580 km²: 6,5 giorni.

Durata dell'allagamento: quasi tre mesi.

INONDAZIONE 1879

Sponda destra del Fiume Po: piena in fase decrescente.

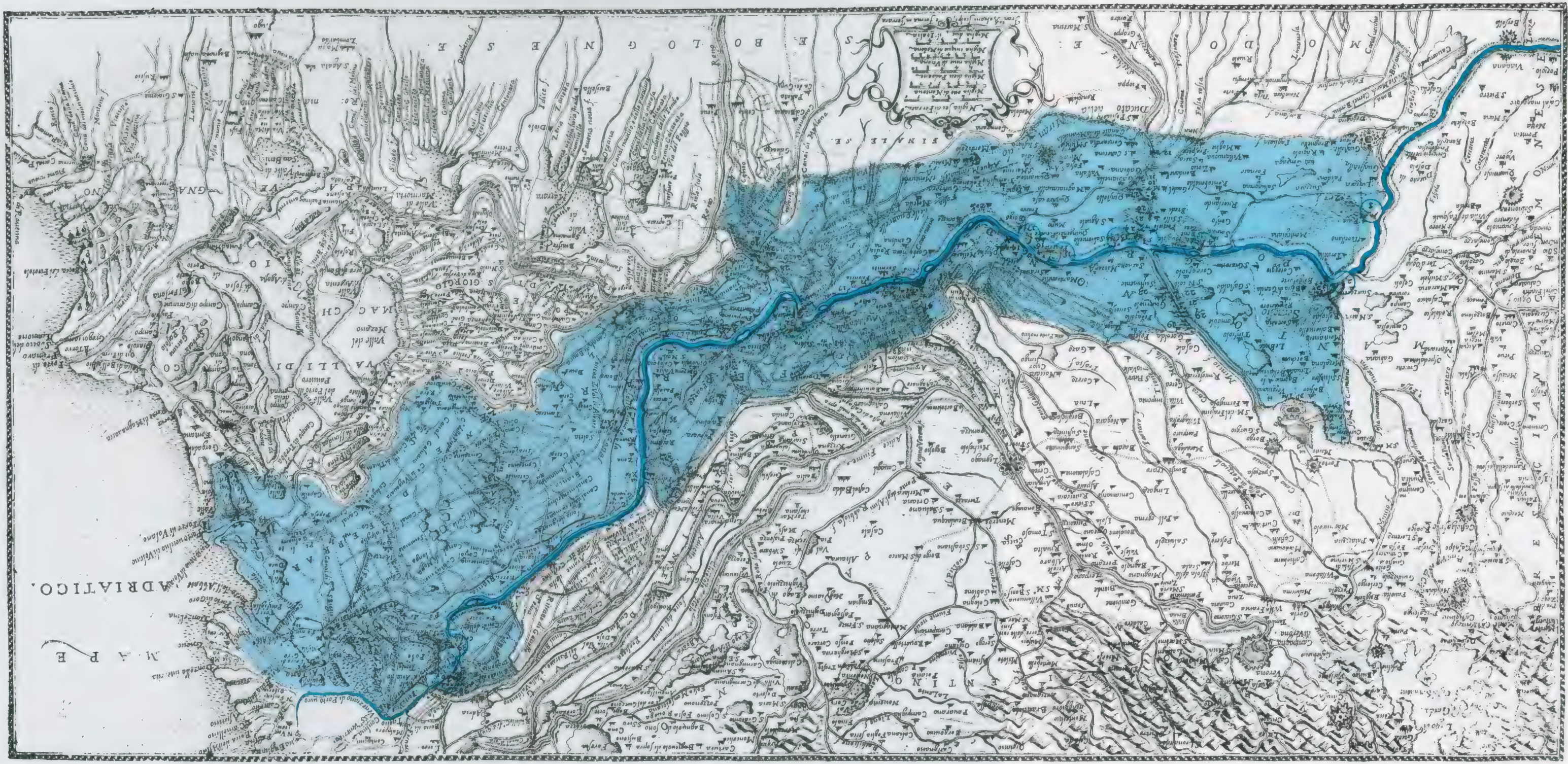
4 Giugno - Rotta in località Colombara di Borgofranco.

Larghezza della rotta: 220 m.

Causa della rotta: sifonamento.

Tempi di espandimento su 405 km²: 11 giorni.

Durata dell'allagamento: quasi tre mesi.



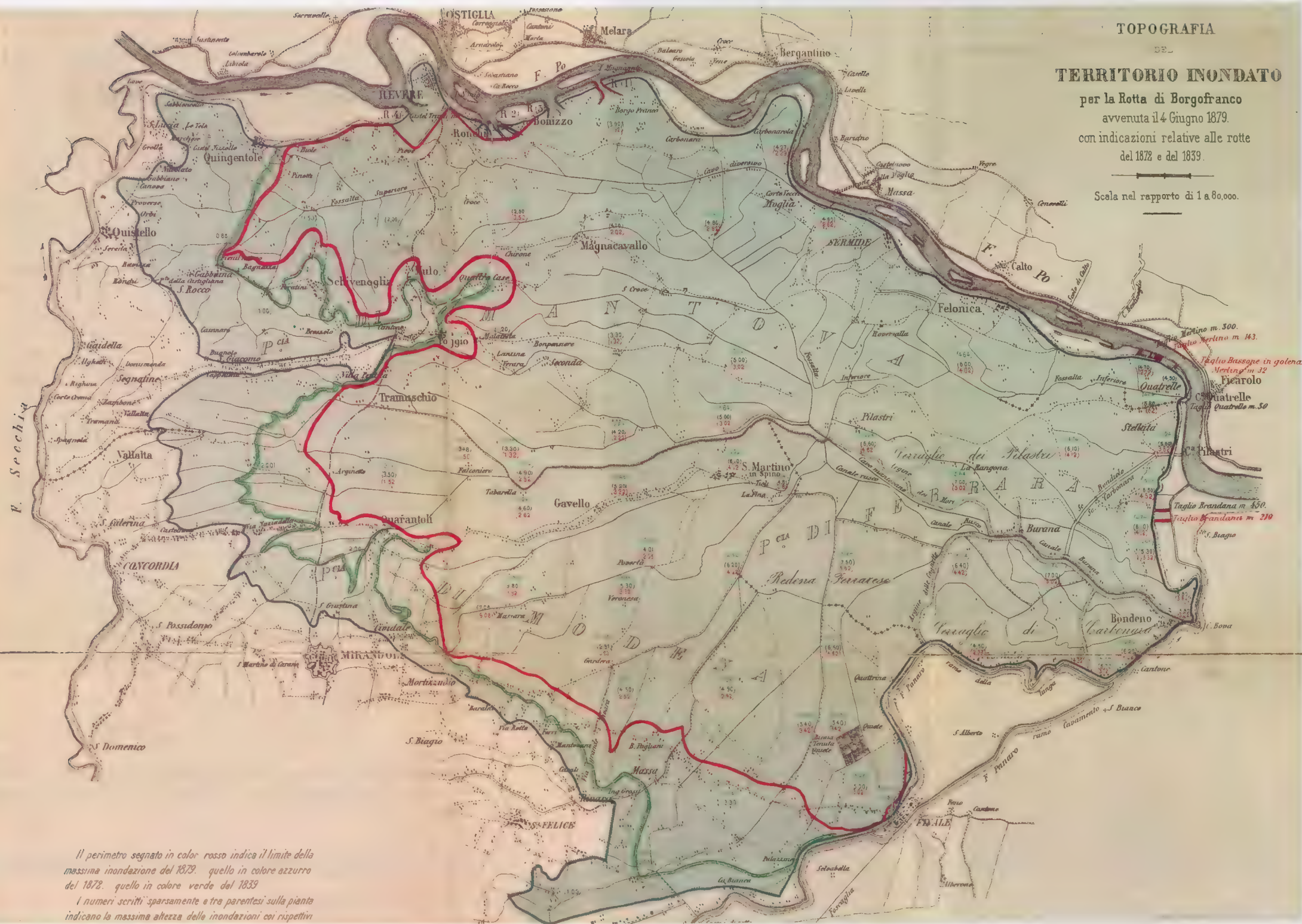
TOPOGRAFIA

DEL

TERRITORIO INONDATA

per la Rotta di Borgofranco
avvenuta il 4 Giugno 1879.con indicazioni relative alle rotte
del 1872 e del 1839.

Scala nel rapporto di 1 a 80,000.



Le problematiche del Delta Padano

Mario ZAMBON^(*)

Abstract. - *Modification of Po River Delta territory, the majority made by man action since 1600s until now, are here mentioned.*

Furthermore, the most important current problems of Po River Delta concerning the Po River flow, the solid transportation system and the equilibrium of the littoral in front of Delta, the river water pollution, its water resources and the subsidence phenomena are discussed.

We suggest the river delta as a «probe» of the river whole basin: a monitoring center which systematically operates in the Delta would permit at the right moment true remarks of important anomalous phenomena taking place over the hydrographic basin.

To support this hypothesis we evaluate the flow regimen variations and their causes; causes and effects of solid flow regimen variations; the pollution degree of river water, found on the Po delta, concerning the Agriculture source in the basin and the saline wedge going up, samples of the river water supplying the irrigation and the industry considering the navigation needs.

Finally, we consider the serious problem of the upper Adriatic subsidence caused by dry gas withdrawals from the wells (depth about 3000 metres).

With reference to the ruinous consequences of fluid withdrawals from subsoil of Polesine and Ravenna regions, we indicate the danger impending over Venice lagoon and Po River delta, i.e. the oncoming exploitations of wells discovered under the sea in front of Chioggia.

Data collected using satellite techniques of bench-marks show on anomalous lowering of Ravenna littoral. This is also proved with precision levellings performed by the Military Geographic Institute with traditional techniques.

We explain this fact as the radial propagation effect of the lowering of the littoral in front caused by gas withdrawals from the deep wells in front of Ravenna beach.

1. Il Delta del Fiume Po

Il Delta del Fiume Po può essere definito territorialmente seguendo un criterio soltanto idraulico e facendo riferimento alla situazione attuale.

^(*) docente di Analisi Sperimentale delle Tensioni, Facoltà di Ingegneria dell'Università di Padova.

Seguendo tale indirizzo il territorio del Delta risulta quello compreso tra il Po di Venezia ed il Po di Maistra a Nord, il Po di Goro a Sud ed il Mare Adriatico ad Est (fig. 1).

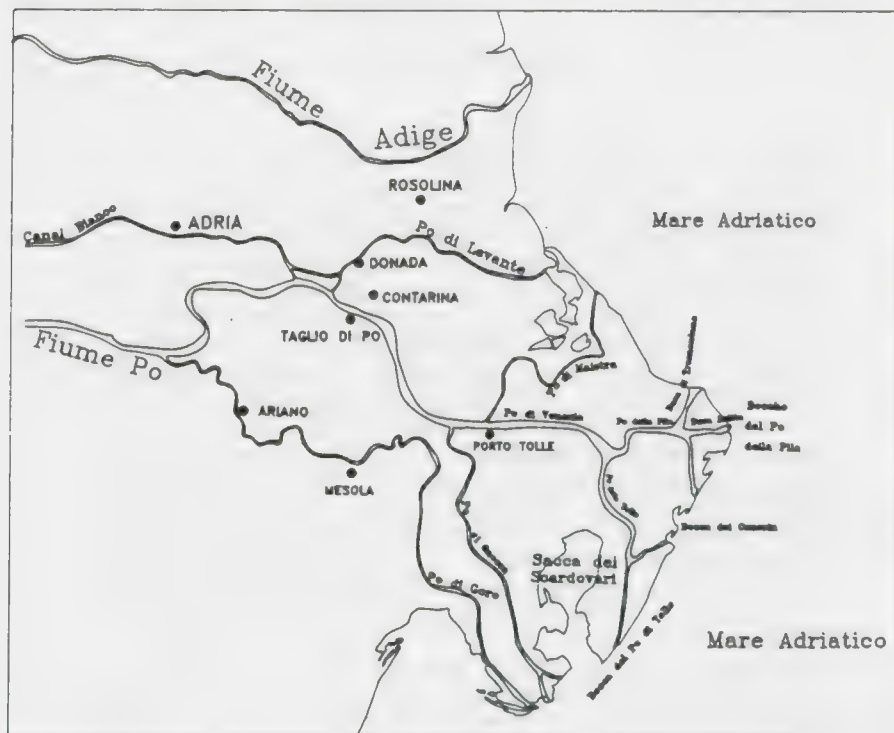


Figura 1

Però entro questa definizione non si riesce a dire tutto sul Delta del Fiume Po che, ricordiamolo, è una rarità geologica degli antichi Delta; tra l'altro sfuggono i valori culturali che emergono dalle impronte del suo passato.

Inoltre, con la suddetta delimitazione, non emerge quel caratteristico ed affascinante fenomeno costiero che interessa la più vasta zona umida d'Italia; zona che si colloca nei dintorni dove i rami del Po giungono al mare e risulta costituita da fiumi, canali, lagune, paludi e valli da pesca con vegetazioni e faune tipiche; e comprende una serie di biotopi che sono i relitti di una natura in gran parte scomparsa. Il tutto poi è unito da un unico e ineffabile paesaggio originato dalla natura e dall'uomo.

Questo è il Delta che si considera patrimonio di tutti, oltre che di coloro che lo abitano.

Questo è il Delta che si vorrebbe salvare dalle degradazioni di uno sfruttamento non compatibile con l'ambiente.

Questo è il Delta che tra l'altro possiede enormi risorse paesaggistiche e turistiche, nonché grandi risorse economiche collegate alla pesca e all'agricoltura. Tutte a venire. È quindi necessaria una più ampia delimitazione del Delta comprendente tutto il territorio che si estende dall'Adige al Reno e, all'incirca, dal meridiano passante per Adria ad oltre la linea di battigia, fino ad includere un'ampia fascia del litorale antistante (fig. 2).

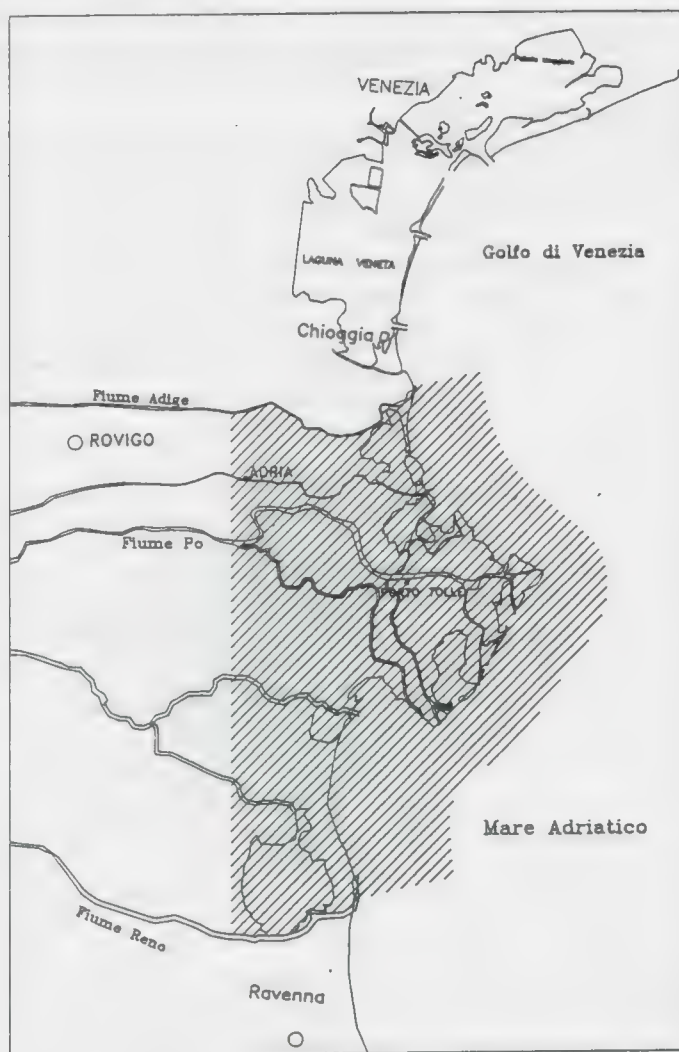


Figura 2

2. Cenni sull'evoluzione del territorio deltizio

Il Delta del Po è il prodotto dell'azione costruttrice soprattutto del Fiume Po, con i suoi apporti solidi, e del mare; hanno pure contribuito alla sua evoluzione i fiumi Adige e Reno.

Le orme del passato più evidenti sono le dune fossili ed i paleoalvei rinvenibili dall'Adige al Reno.

A partire dal 1600 l'uomo è diventato il grande protagonista nella evoluzione del Delta. L'uomo infatti nel 1604, con il taglio di Porto Viro, determinava la nascita del nuovo Delta; dal 1700 al 1800 poi, con una serie organica di imponenti opere idrauliche, regolò il regime delle portate nei vari rami del Delta, orientandoli secondo l'interesse soprattutto della Repubblica Veneta.

Dal 1800 al 1950 si assistè dunque ad un consolidamento del Delta secondo la configurazione assunta alla fine del secolo precedente mentre continuava il suo protendimento verso il mare (fig. 3).



Figura 3

Negli anni '50 il fenomeno della subsidenza, dovuto sempre all'azione dell'uomo, determina, invece, con lo sprofondamento dei terreni fino a 3,50 metri, una trasformazione irreversibile di questo territorio, quasi fosse trascorsa un'era geologica.

Negli ultimi quattro secoli l'azione del Po si era manifestata soprattutto con i suoi apporti solidi che hanno determinato un continuo accrescimento del territorio deltizio, fino al verificarsi del fenomeno della subsidenza (fig. 4).

Nei territori interni del Delta, l'opera dell'uomo a mezzo della bonifica idraulica, prima con la costruzione di una fitta rete di canali, e poi con la installazione degli impianti idrovori, ha costruito il nuovo paesaggio che le monoculture ci presentano uniforme e piatto: «il deserto verde».

3. Problematiche del Delta del Fiume Po

I problemi che interessano il Delta del Fiume Po sono spesso quelli che, nell'ambito del bacino idrografico del fiume, interessano il fiume stesso ed i suoi affluenti, con l'aggiunta della interazione del mare.

In sintesi questi problemi sono i seguenti:

- 1) piene del Fiume Po e dei suoi affluenti; le cause che le determinano;
- 2) attività estrattive, stabilità dei versanti, stabilità del suo alveo ed equilibrio del litorale davanti al Delta;
- 3) inquinamento delle acque del fiume, uso del suolo nel bacino del Po con particolare riferimento all'agricoltura;
- 4) risorse idriche e derivazioni d'acqua;
- 5) il fenomeno della subsidenza.

Tutti questi problemi hanno effettivamente una forte influenza sul regime e la qualità delle acque nei rami deltizi e una loro soluzione è da considerarsi prioritaria per proteggere il territorio e per assicurare la pubblica incolumità; per altro deve risultare compatibile con i vincoli di natura paesaggistico-ambientale e con la presenza dell'uomo.

Anzi si segnala subito che nel suo complesso il Delta del Fiume Po può essere considerato come un «sensore» dell'intero bacino del fiume. Ogni anomalia, che riguardi le portate liquida e solida, e la qualità delle acque è sempre facilmente rilevabile nelle zone deltizie ed indica fenomeni anormali che si verificano a monte.

Monitoraggi e controlli mirati, eseguiti nell'intera area deltizia, possono evidenziare tempestivamente l'insorgere di fenomeni anormali a monte che hanno influenza sul regime del fiume, offrendo la possibilità di organizzare tempestivamente interventi atti a rimuoverne le cause.

Si è del parere che l'attuazione di un centro di raccolta di dati, che operi sistematicamente nel Delta del Fiume Po debba essere prioritario a qualsiasi altra predisposizione di monitoraggi sistematici nel bacino del fiume e dei suoi affluenti.

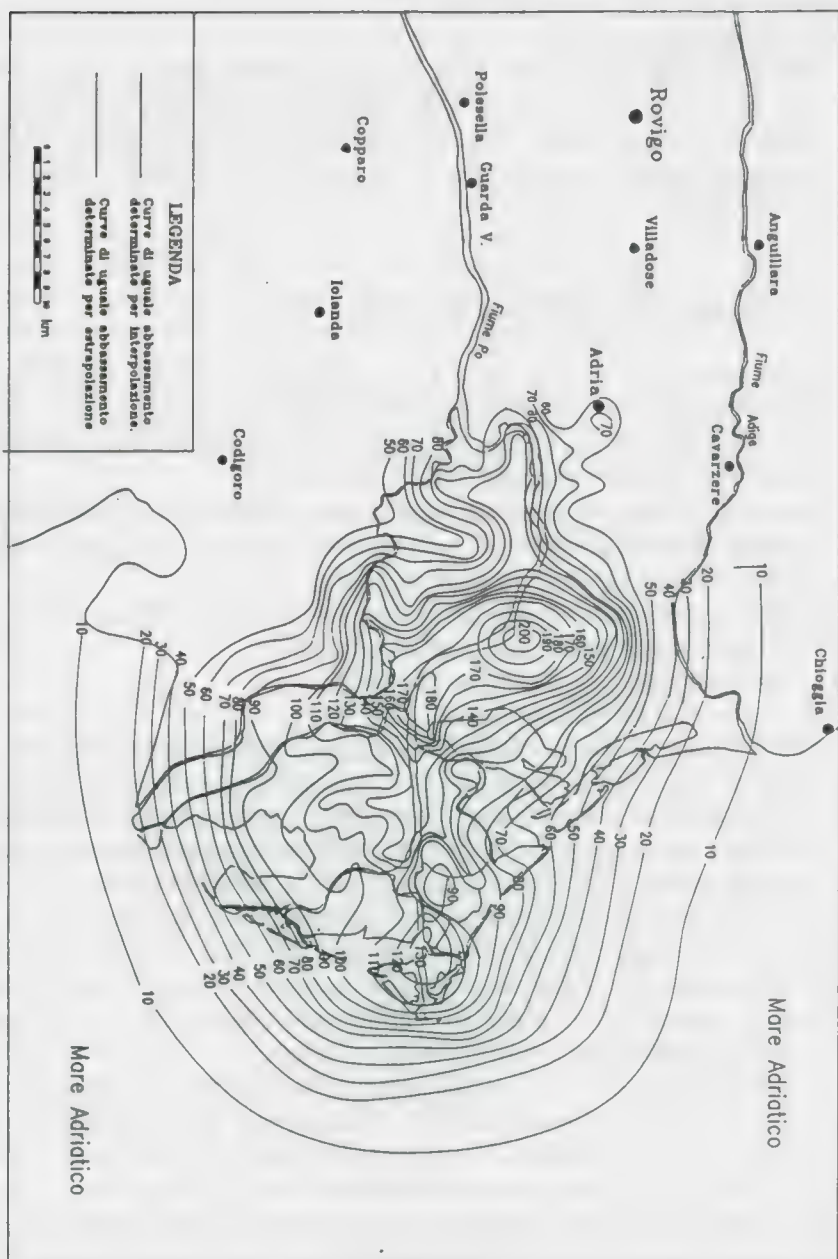


Figura 4 - Abbassamento del suolo del Delta del Po in cm dal 1951 al 1960.

Le precedenti affermazioni sono avvalorate dalle constatazioni seguenti.

3.1. Piene del Po e dei suoi affluenti

Negli ultimi decenni, per quanto riguarda il regime delle acque del fiume si sono registrate sensibili modificazioni delle portate, con la tendenza all'incremento delle massime ed alla diminuzione delle minime.

Questi fenomeni sono rilevabili lungo tutto l'asta del fiume nella vasta area del bacino, ma sono rilevabili in modo riassuntivo e sintetico solo nelle zone deltizie, dove peraltro generano gravi conseguenze anche per l'interazione con il regime delle maree.

L'aumento delle portate di piena è da collegarsi con le sistemazioni ed urbanizzazioni dei vasti territori del bacino del Po e all'assetto o modificazioni dell'asta principale del fiume e dei suoi affluenti.

In un primo tempo, dopo la grande alluvione del '51, si è fronteggiata questa situazione con l'ideazione e la realizzazione di opere di difesa «passiva» lungo l'asta del fiume e nel suo delta (rialzo e ringrosso delle arginature, vd. fig. 5); negli ultimi anni, sempre per fronteggiare il fenomeno dell'aumento delle portate del fiume e la necessità di far diminuire i livelli idrometrici nel Delta, furono realizzati progetti di difesa «attiva» lungo il corso del fiume e sul Delta (modellazione delle

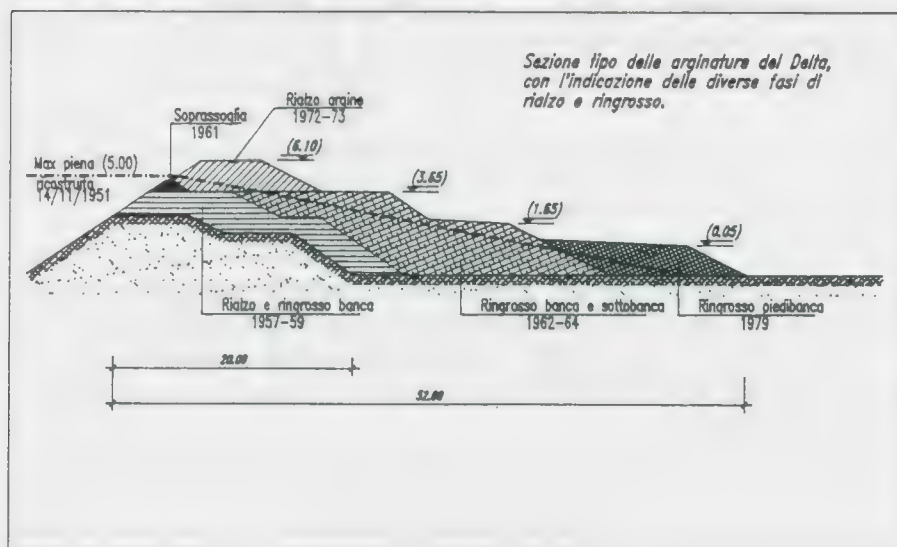


Figura 5

anse di Corbola e Bottrighe; modellazione del tratto Cavanella Po - Ca' Zen - Taglio di Po; modellazione dell'ansa Ca' Zuliani - Volta Vaccari; opere per la laminazione delle piene).

La diminuzione dei livelli di massima piena delle zone deltizie era l'effetto atteso dai tecnici dopo l'esecuzione di questi interventi. Effetto tuttora da verificare (fig. 6).

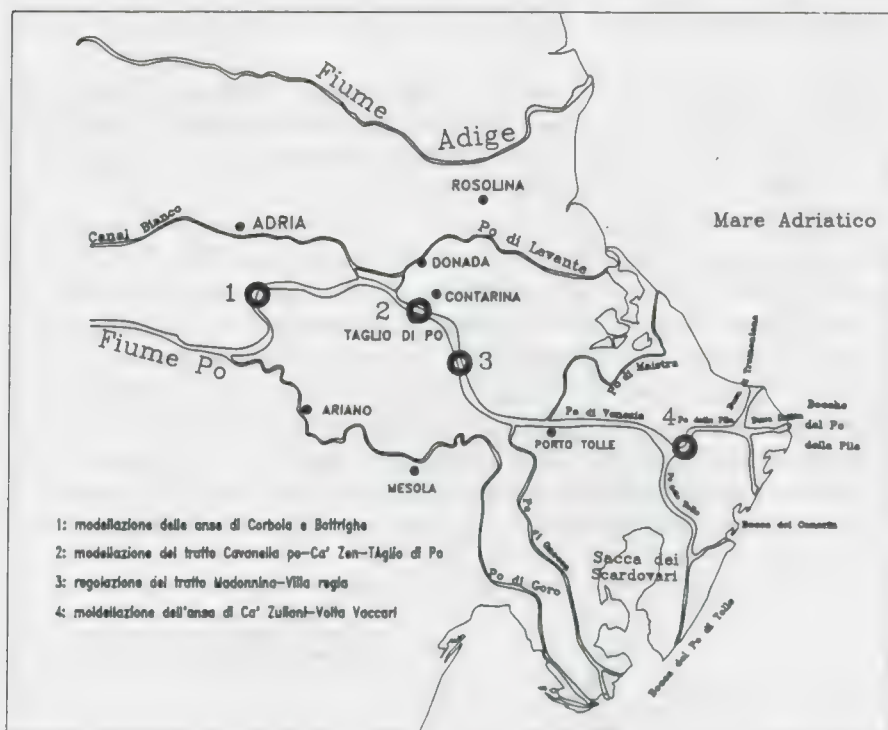


Figura 6

Queste difese passive ed attive furono quindi le prime risposte tecniche alla tendenza di aumento delle portate di piena del fiume.

È da ricordare altresì che i livelli di piena dei rami del Delta del Fiume Po non dipendono solo dalle portate del fiume, ma anche dalle altezze di marea.

L'assunzione di livelli compatibili di rischio idraulico per diverse aree del bacino del fiume, l'individuazione di criteri di intervento per le opere di contenimento delle piene, l'individuazione dei meccanismi di compensazione da attuare, la definizione di vincoli territoriali da applicare in relazione ai fenomeni di esondazione, il tutto però in scala

di bacino idrografico, costituiscono, alla fine, in sintesi, l'obiettivo del progetto dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

In conclusione è opportuno rimarcare che comunque il rilievo sperimentale sistematico del regime delle portate del Fiume Po nella sola zona deltizia può effettivamente riassumere e sintetizzare il comportamento del fiume e dei suoi affluenti dell'intero bacino, unitamente agli effetti dovuti alle maree.

3.2. Attività estrattive, stabilità dei versanti, stabilità dell'alveo ed equilibrio del litorale antistante il Delta

Per l'equilibrio, nella situazione attuale, del Delta del Fiume Po, cioè del territorio deltizio che si protende verso il mare e del litorale antistante, è condizione fondamentale che il Fiume Po trasporti verso il mare una certa quantità di apporti solidi.

L'ordine di grandezza della quantità di apporti solidi necessaria per mantenere l'equilibrio indicato è stato stimato, in modo semiempirico, in 17×10^6 t/anno di materiale solido (rilevamenti effettuati nel decennio 1956-65).

Una diminuzione degli apporti solidi del fiume rispetto alla situazione di equilibrio indicata, determina l'insorgere lungo il corso del fiume e nel suo Delta di seri problemi di difesa (frammenti ed erosioni).

In particolare, con riferimento al Delta, le erosioni del suo litorale, che costituisce la difesa naturale più importante contro le mareggiate, fanno insorgere i gravissimi ed onerosi problemi di difesa dalle acque del mare, oltre a mettere in crisi le spiagge, non solo dell'area deltizia, ma anche di quelle più lontane che sono alimentate dai materiali solidi del fiume.

In questa situazione il pericolo di alluvioni dal mare aumenta sensibilmente in occasione delle mareggiate, quando può verificarsi anche un vero collasso di parte delle strutture arginali (mareggiate del '66; ventiquattro alluvioni nel Delta dal 1950 al 1966). Una portata solida minima, pertanto, costituisce la condizione fondamentale ed irrinunciabile per la difesa dell'attuale Delta del Fiume Po.

Come corollario si può affermare che la conservazione dell'attuale configurazione deltizia, con riferimento ai rami ed alla relativa portata, è pure condizione molto importante per la difesa dell'attuale Delta.

Quindi è fondamentale, onde giudicare la situazione della difesa del Delta dalle acque del mare, la continua conoscenza della evoluzione delle erosioni e dei ripascimenti del litorale davanti al Delta.

Il rilevamento sistematico delle erosioni e dei ripascimenti dei litorali davanti al Delta fornisce d'altronde le indicazioni riassuntive e sinte-

tiche della situazione a tale riguardo, cioè con riferimento agli apporti solidi del Fiume Po e dei suoi affluenti, e quindi alle erosioni e ripascimenti nel bacino del Fiume Po.

Dunque anche per questo aspetto un razionale monitoraggio nel Delta che possa indicare, oltre alle modificazioni degli alvei, pure le evoluzioni delle erosioni e ripascimenti nel litorale antistante, fornisce una valida indicazione molto efficace per l'intero bacino idrografico.

Oggi le tecniche di misura mediante la combinazione di sistemi satellitare ed ecoscandagli consentono di seguire la evoluzione delle batimetriche del litorale antistante il Delta in modo molto preciso (1-2 cm di precisione) in tempi brevi con spese molto contenute.

È quindi fattibile l'operazione di controllo globale delle variazioni degli apporti solidi del Fiume Po tramite il controllo delle batimetriche del litorale antistante il Delta o comunque influenzato dagli apporti solidi del fiume.

Conseguentemente è pure proponibile una pianificazione globale delle sistemazioni degli alvei dei fiumi e dei suoi affluenti, della sistemazione dei versanti, delle escavazioni e di tutto ciò che influisce sugli apporti solidi del fiume e dei suoi affluenti in modo da regolare il volume degli stessi facendo riferimento alla condizione di equilibrio del litorale sopra indicata.

Si consideri che non solo la carenza di apporti solidi del fiume può arrecare nocimento alle sue strutture di difesa ed in particolare a quelle del suo delta, a causa dell'indebolimento delle difese a mare, ma anche l'eccesso di apporti solidi può provocare danni e inconvenienti tutt'altro che trascurabili. Fino agli anni '60 era questa la massima preoccupazione per l'officiosità dei rami del Delta, perché il deposito di enormi volumi di materiali solidi andavano a formare imponenti barre davanti alle bocche a mare dei vari rami del Delta del Po, determinando, nei periodi di piena, l'innalzamento del livello idrometrico del fiume con l'evidente pericolo di rotte e sifonamenti specialmente nella zona deltizia.

Per la sicurezza idraulica s'impone quindi un controllo globale, nell'ambito del bacino del Po, delle portate solide del fiume stesso.

È opportuno segnalare che, proprio per le portate solide, disponiamo di alcuni parametri molto importanti che possono modificarle: le escavazioni lungo l'alveo; la programmazione della sistemazione dei versanti; l'esistenza di vastissime aree del Delta del Po (lagune e valli), che, essendosi notevolmente sprofondate per effetto della subsidenza possono accogliere enormi colmate.

Naturalmente si ribadisce che tutto deve essere programmato in modo che la portata solida non si scosti troppo da quella necessaria per l'equilibrio del litorale antistante il Delta.

Seguire questo indirizzo può comportare anche un notevole condizionamento delle sistemazioni territoriali dell'intero bacino.

Certo è che per attuare questi programmi è comunque indispensabile la presenza di una forte autorità politico-amministrativa che estenda la sua competenza sull'intero bacino e che oggi è rappresentata appunto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Le considerazioni svolte discendono dalla premessa che, in relazione alla considerevole presenza umana nei territori deltizi (50 000 abitanti) ed agli enormi investimenti nei settori primario e secondario, sia necessario e ragionevole pensare seriamente alla difesa di questo territorio.

Non si considera nemmeno la soluzione che si potrebbe conseguire seguendo la scorciatoia dell'abbandono del territorio in attesa di un suo assetto per forze naturali che negli anni '60 qualcuno proponeva.

3.3. Inquinamento delle acque del fiume. Uso del suolo nel bacino del Po

Gli inquinamenti più gravi delle acque del Po, cioè quelli per i quali è inefficace l'autodepurazione, sono facilmente rilevabili sempre in modo riassuntivo e sintetico nel delta del fiume. Anche per questo aspetto quindi il Delta può costituire un efficace riferimento per accertare le condizioni di salute delle acque nell'intero bacino.

La segnalazione di inquinamento delle acque del fiume rilevata nell'area deltizia consente infatti di intervenire con tempestività per individuare ed eliminare le cause che l'hanno originata.

Una fonte diffusa di inquinamento, di rilevante entità, è senza dubbio costituita dall'agricoltura. Per un risanamento delle acque del Po e quindi delle coste dell'Alto Adriatico influenzate dagli apporti del fiume (es. eutrofizzazione) è necessario conseguire una riorganizzazione della gestione delle aree destinate all'agricoltura nell'intero bacino.

Ciò evidentemente presenta notevoli difficoltà e richiede sicuramente tempi molto lunghi.

Un controllo sistematico dell'evoluzione dell'opera di risanamento si può ottenere con una analisi continua delle acque del Fiume Po alla sua foce.

D'altronde l'inquinamento delle acque del fiume determina proprio nel Delta un progressivo degrado delle falde, delle aree lagunari ed in particolare dei bacini vallivi che, come tutti i territori del Delta, sono ormai soggiacenti al livello del mare e debbono scaricare le acque solo a mezzo di impianti idrovori; ciò che accentua l'accumulo in queste zone di sostanze inquinanti.

Le zone deltizie sono inoltre sotto l'influenza diretta del cuneo salino che risale dal mare lungo i rami del Delta del fiume, soprattutto nei periodi di magra del fiume stesso, e che pur influenzano le falde.

Gli effetti congiunti di questo fenomeno e dell'abbassamento anormale del suolo, a causa della subsidenza, effetti verificatisi in passato, hanno evidenziato la tendenza della progressiva modificazione irreversibile dei terreni agricoli del Delta in terreni salati.

Naturalmente l'agricoltura di questi territori risulta seriamente compromessa anche per la difficoltà di ottenere dal fiume con continuità acqua per scopi irrigui.

3.4. Risorse idriche e derivazioni d'acqua

Le acque fluviali che lambiscono ed attraversano il Polesine e che tante preoccupazioni fanno sorgere, specialmente nelle zone deltizie, a causa degli inevitabili rischi di alluvioni, costituiscono obiettivamente anche una reale risorsa economica. Ciò soprattutto con riferimento all'irrigazione, alla navigazione ed alle attività industriali.

Purtroppo le acque del Fiume Po giungono nel Polesine e nel Delta ormai gravemente inquinate, tanto da renderle non idonee al rifornimento degli acquedotti.

In attesa di un radicale, invero improbabile, disinquinamento delle acque del Po, che obiettivamente richiede tempi non definibili, il Polesine è stato costretto a ricercare l'acqua potabile lontano, presso fonti alternative: il Lago di Garda e le zone pedemontane.

Per ottenere la garanzia di un prelievo continuo di acqua irrigua invece, nel Delta del Po, devono essere risolti due problemi:

- il controllo della risalita del cuneo salino;
- il rispetto delle minime portate prescritte per il fiume, tenuto conto anche delle esigenze della navigazione.

La navigazione, come noto, costituisce una potenziale risorsa economica per l'intera Valle Padana e per il Polesine in particolare.

La risalita del cuneo salino può e deve essere controllata innanzitutto mediante il controllo rigoroso del regime delle portate di magra del fiume; può essere pure controllata, come è stato dimostrato, con la realizzazione di un progetto pilota alle foci del Po delle Tolle, a mezzo di sbarramenti mobili da costruire alle foci dei vari rami del Delta.

Infine il prelievo dell'acqua irrigua necessaria, senza compromettere la navigazione sul Fiume Po, risulta possibile mediante una oculata gestione, in scala di bacino, della regolazione delle portate, in modo da garantire sufficienti altezze idrometriche per la navigazione lungo l'asta del fiume.

Ciò coinvolge soprattutto la regolazione dei laghi alpini, che deve essere condizionata da un rigoroso bilancio costi-benefici e per tener conto di tutti gli interessi in gioco.

Anche con riferimento a questi aspetti, i controlli del regime idraulico del fiume eseguiti nel Delta possono essere molto efficaci e riassuntivi per verificare la situazione nell'intero bacino.

Un cenno merita infine la proposta di usufruire di vaste aree del Delta per la formazione di un sistema di bacini di lagunaggio che potrebbero, come si ipotizza, decapitare circa il 60% del fosforo ed il 40% dell'azoto trasportato dalle acque dei rami minori del Delta in mare.

A parte la necessità di una preventiva e sistematica sperimentazione che sia in grado di fornire risultati affidabili e convincenti, è innanzitutto da osservare che tali impianti di depurazione dovrebbero essere programmati nel bacino, lungo l'asta del fiume, a partire da monte, in corrispondenza ai vari affluenti, evitando di concentrare l'intero sistema di lagunaggio nella zona terminale del fiume, dove peraltro, come si riconosce, esisterebbero aree idonee.

Questa impostazione del problema, cioè di prevedere la dislocazione degli impianti di lagunaggio lungo il corso del fiume anziché nel Delta, anche se presenta talune difficoltà realizzative, eviterebbe evidentemente di far transitare acque gravemente inquinate lungo l'intero bacino.

3.5. *Il fenomeno della subsidenza*

Quando un territorio pianeggiante è soggetto a subsidenza, cioè ad abbassamenti del suolo di rilevante entità, emergono numerosi problemi, che riguardano soprattutto la difesa dalle acque; non trascurabili però sono quelli di carattere paesaggistico ed ambientale.

Nei territori dell'Alto Adriatico l'abbassamento, in parte apparente, del suolo dovuto a cause naturali, cioè il bradisismo naturale, che complessivamente risulta dell'ordine di 10-20 cm/secolo, è stato fronteggiato in passato con le normali opere di manutenzione, senza cioè programmi specifici di intervento.

Com'è noto, le cause di questo lento abbassamento, in parte apparente, del suolo rispetto al livello medio del mare sono dovute all'eustatismo glaciale, al costipamento naturale dei terreni sedimentari, all'aumento dei franchi di bonifica ed al movimento tettonico dell'Italia settentrionale.

Nel Delta del Po e nel Ravennate invece, negli ultimi decenni, si è manifestato per cause dovute agli interventi dell'uomo il fenomeno della subsidenza, un abbassamento anormale del suolo almeno 10-30 volte quello naturale. La causa di questo fenomeno è da attribuirsi, in

tali zone, ad estrazioni massicce di fluidi da giacimenti più o meno profondi.

Si vedano infatti i tre casi di subsidenza più vistosi e più gravi, accaduti in Italia negli ultimi trent'anni: lo sprofondamento di vasti territori nel Delta del Po, che in certi punti ha raggiunto anche tre metri e mezzo, la subsidenza di Venezia e della sua laguna, e i cedimenti tuttora in atto del suolo del Ravennate e dei suoi litorali.

È stato dimostrato per via sperimentale e successivamente per via teorica che, nel caso del Polesine, questi fenomeni di subsidenza del suolo sono stati provocati dalle estrazioni di acqua e gas in essa disciolto da giacimenti di media profondità, dai duecento ai trecento metri, fino ad un massimo di seicento metri (figg. 7, 8 e 9).

Nel Polesine si è constatato inoltre che il fenomeno di abbassamento del suolo si è esteso radialmente, rispetto alle zone di estrazione, fino a distanze dell'ordine di 10-20 km (fig. 10).

Analoghe dimostrazioni sono state date per il caso di Venezia, dove la decapitazione delle falde, dovuta a massicci prelievi d'acqua dolce in terraferma e soprattutto nella zona industriale di Marghera, provocò vasti cedimenti in tutta la zona lagunare e del centro storico di Venezia.

Nel terzo caso, il Ravennate, lo sfruttamento dei giacimenti profondi (3000 m) di gas secco, in un primo tempo nel retroterra (Ravenna, Alfonsine, Cotignola) ed ora soprattutto in mare, ha determinato abbassamenti del suolo emerso e del litorale sommerso (figg. 11 e 12). Anche in questo caso per le estrazioni effettuate in terraferma si è potuto constatare ancora la propagazione radiale segnalata, addirittura fino a decine di km dai pozzi di estrazione (fig. 13).

Oltre a queste constatazioni sperimentali sono stati studiati modelli matematici che hanno fornito una ulteriore dimostrazione di connessione di cause ed effetti tra le estrazioni di fluidi dal sottosuolo ed abbassamenti anormali del suolo. Risulta quindi inconfutabile che:

- 1) estrazioni di fluidi da giacimenti determinano cedimenti della zona sovrastante, la cui entità dipende dalle caratteristiche geologiche delle rocce in cui i giacimenti si trovano, dalla loro profondità e dalle modalità di estrazione;
- 2) i cedimenti si propagano radialmente dalle zone di estrazione fino a distanze che dipendono sempre dalla profondità dei giacimenti, dalle caratteristiche geologiche dei terreni e dalle modalità di estrazione.

Gli abbassamenti del suolo determinano una serie di gravi inconvenienti che vengono descritti sinteticamente qui di seguito.

I cedimenti del suolo determinano evidentemente una diminuzione del franco di sicurezza delle arginature dei corsi d'acqua naturali che

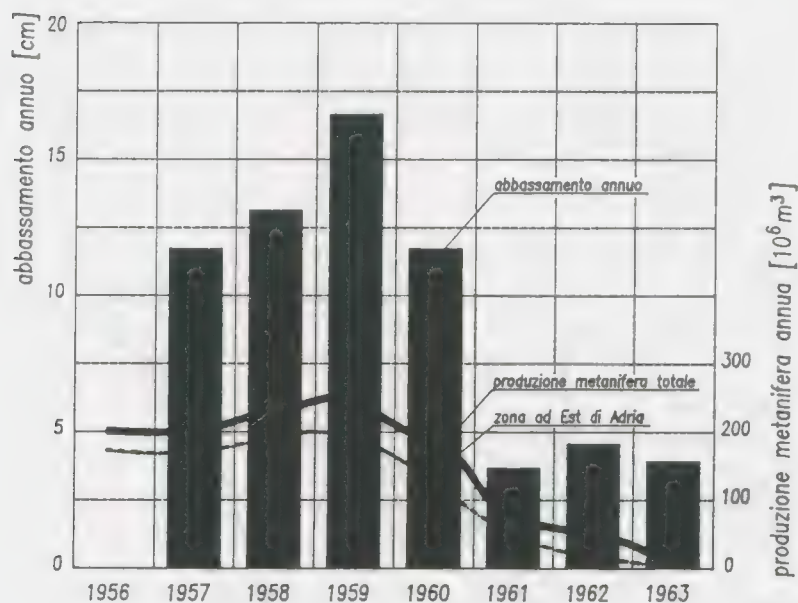


Figura 7

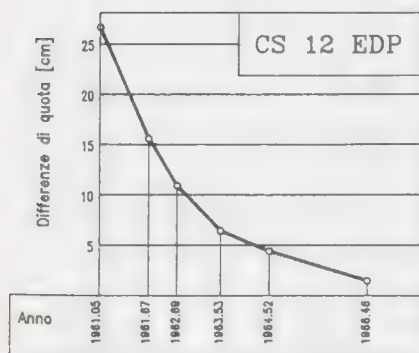


Figura 8

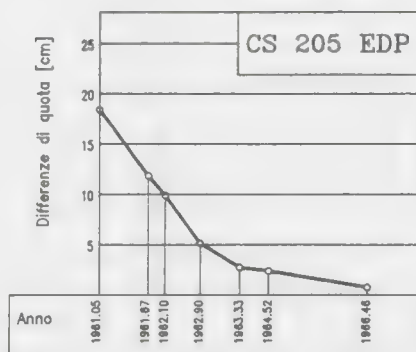


Figura 9

attraversano il territorio interessato dai cedimenti stessi e inducono quindi alla necessità, specie nel caso di fiumi arginati, di opere di rialzo e ringrosso delle arginature (fig. 5).

Inoltre accade sempre che le fasce di terreno a ridosso delle arginature che vengono rinforzate mutino sensibilmente le loro caratteristiche, subendo un degrado qualitativo, anche perché le infiltrazioni

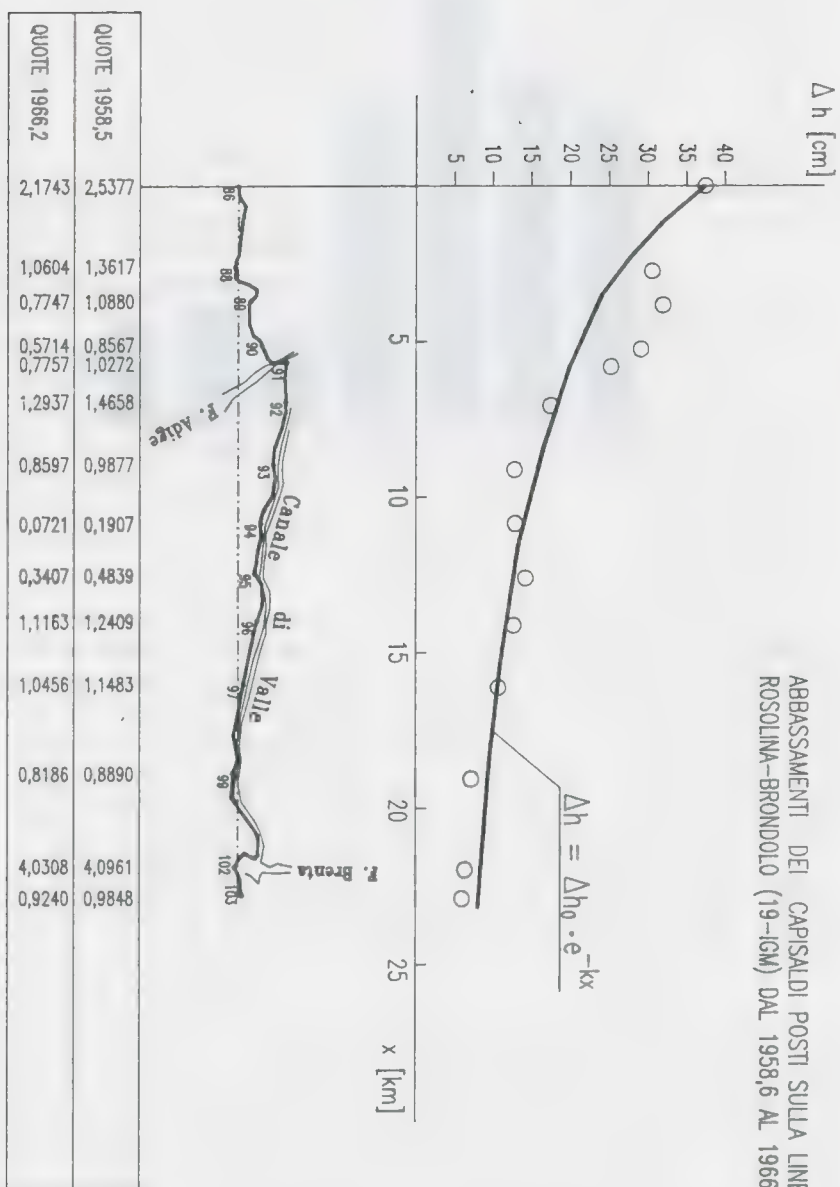


Figura 10

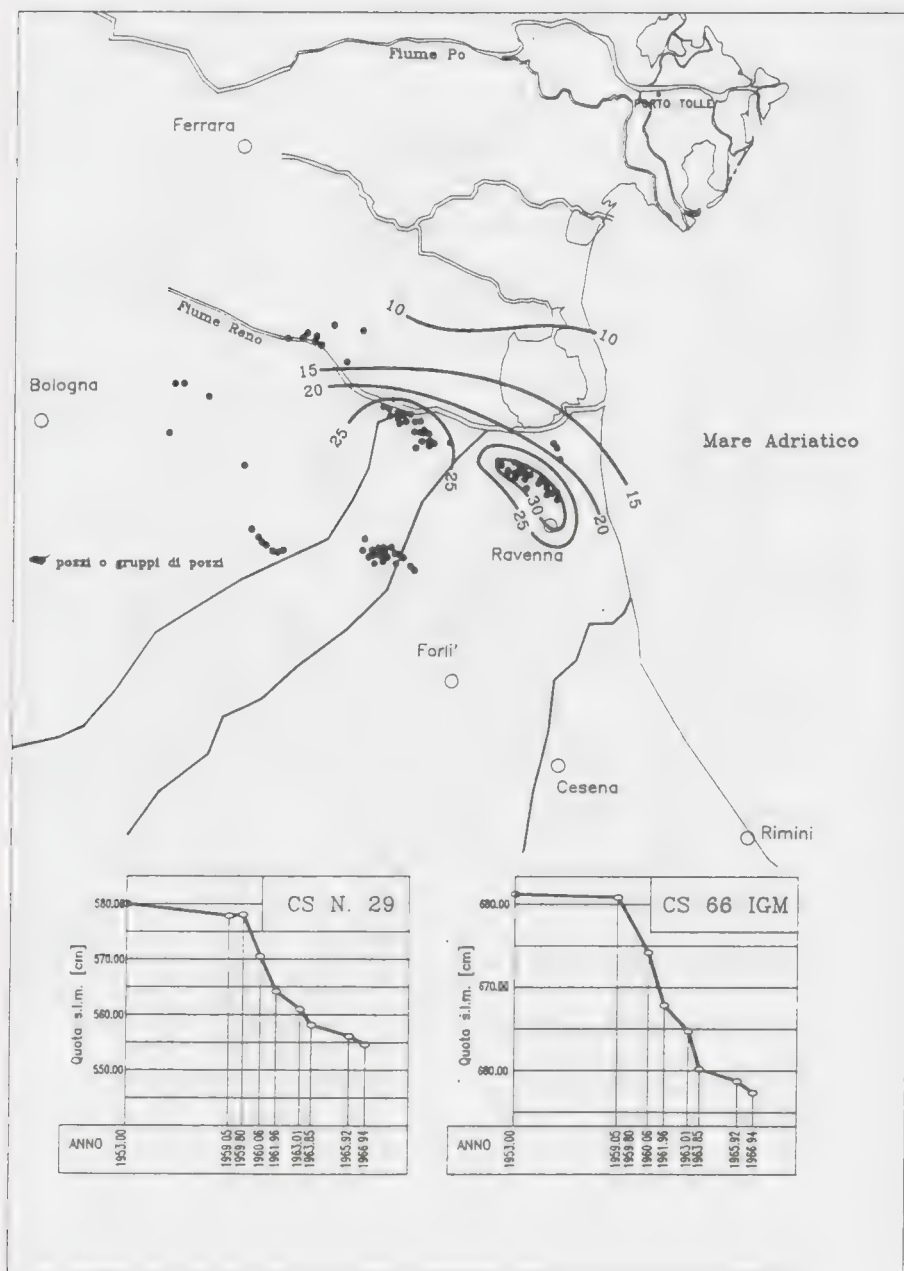


Figura 11

PRODUZIONE DI METANO DELLA PROVINCIA DI RAVENNA

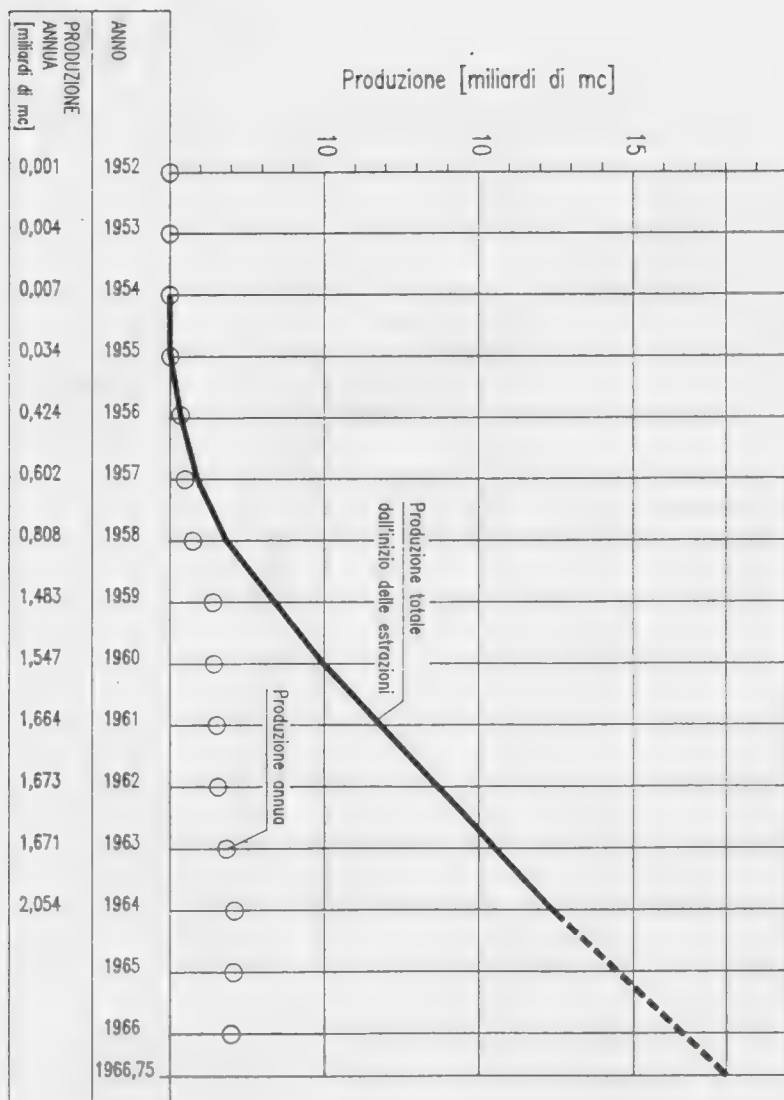


Figura 12

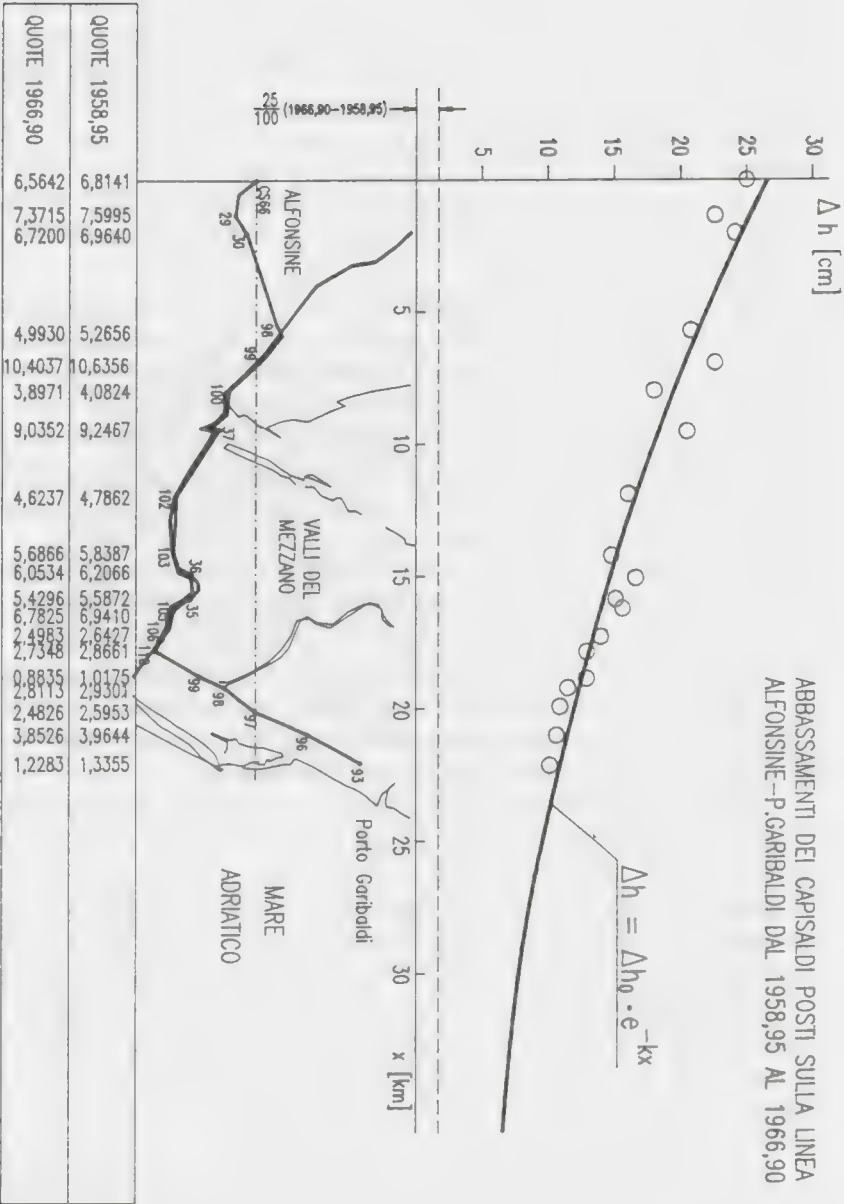


Figura 13

di umidità difficilmente vengono del tutto eliminate dalle opere di rinforzo arginale.

I manufatti idraulici inseriti nelle arginature dei fiumi (chiaviche, ponti, conche, muri di sostegno, banchine, ecc.) poi devono essere ricalcolati e ristrutturati, sulla base della nuova situazione con riguardo soprattutto alle spinte dell'acqua e delle terre. La presenza di manufatti nei corpi arginali fa nascere infatti il pericolo di filtrazioni d'acqua radenti le superfici murarie che provocano nel tempo dissesti arginali e molto spesso il collasso degli argini stessi.

Negli anni '60 molte alluvioni nel Polesine, hanno avuto origine in questo modo, escludendo l'alluvione del 1951, che ha avuto cause diverse.

In un territorio soggetto a subsidenza di una certa entità, i danni più rilevanti vengono subiti dalle strutture per la bonifica idraulica ed irrigua. I cedimenti del suolo in vaste aree determinano una diminuzione del franco di coltivazione dei territori colpiti così che si possono avere manifestazioni sulle colture. Si veda ad esempio la moria dei peschi per asfissia radicale verificatasi nel Ravennate degli anni sessanta, dove l'aumento della percentuale di moria corrisponde all'aumento dei cedimenti del suolo (fig. 14).

Tutte le canalizzazioni a pelo libero debbono essere ricalibrate e ridimensionate in funzione della nuova situazione altimetrica e dell'aumento delle infiltrazioni derivanti dai corsi d'acqua naturali.

Pertanto la redditività dei suoli viene di fatto pesantemente penalizzata per il notevole aumento degli oneri permanenti che si devono sopportare per la manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere di bonifica e per l'esercizio degli impianti idrovori.

Quando poi la subsidenza investe zone litoranee compaiono in breve tempo problemi drammatici, primo tra tutti quello della difesa del territorio dalle alluvioni dal mare.

Infatti nei casi in cui non si può tollerare un arretramento della linea di battigia, come succede quasi sempre nei litorali dove sono stati realizzati investimenti di tipo turistico-balneare, si manifesta subito la necessità di ricostruire la spiaggia emersa ripristinandone anche la sua linea originaria. Ciò è possibile per qualche tempo, poiché questo dipende sia dal volume di materiale sabbioso disponibile nei cordoni dunosi, sia dalla velocità degli abbassamenti.

Così operando, cioè ricostruendo la spiaggia, si fornisce in concreto il materiale per la ricostruzione del profilo di equilibrio del litorale sommerso, il solo che può garantire l'assorbimento graduale dell'energia delle onde.

Successivamente, continuando la subsidenza del litorale sommerso

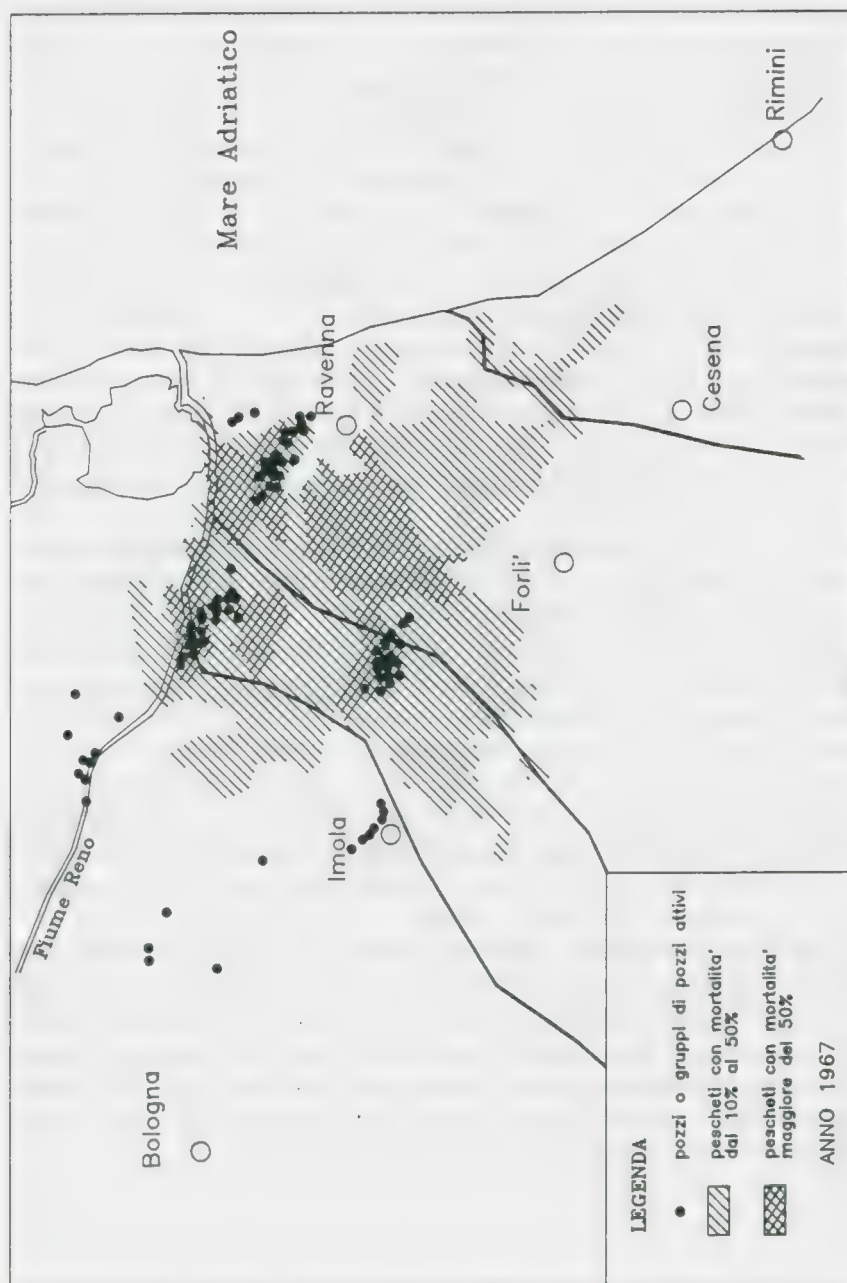


Figura 14

ed emerso, si giunge ad una situazione di crisi: ad un certo momento di materiale proveniente dalla demolizione dei cordoni litoranei non risulta più sufficiente per la ricostruzione di quello sommerso secondo il profilo di equilibrio. Le onde allora vengono ad infrangersi ogni volta più vicino alla riva, sprigionandovi tutta la loro carica di energia, demolendo così sempre più rapidamente il litorale sommerso ed emerso.

Inizia in modo inevitabile l'arretramento della linea di battigia.

Continuando ancora la subsidenza, le quote delle zone litoranee scendono addirittura al di sotto della quota di sicurezza: inizia così purtroppo la fase più disastrosa per la zona interessata, con inondazioni sempre più frequenti dei terreni circostanti.

A questo stadio, com'è accaduto per il Delta del Po, e come sta succedendo per le zone del Ravennate, si ricorre alla costruzione di arginature di difesa con la sommità a quote di sicurezza e con adeguate protezioni verso il mare, per resistere all'azione demolitrice delle onde.

Le spiagge però, alla fine di questa fase, restano solo un malinconico ricordo.

È da osservare peraltro che la manutenzione di queste dighe a mare, nel tempo, risulta onerosissima: si richiedono infatti massicci interventi di riparazioni e ripristini ad ogni mareggiata.

Nel Polesine, dove si è verificato il caso di subsidenza più clamoroso in Italia, lo sprofondamento del suolo ha interessato anche tutto il litorale antistante il Delta del Po.

Onde evitare che il mare sommergesse le zone litoranee, furono costruiti due ordini di arginature (fig. 15) per lo sbarramento delle acque del mare. Bisogna subito osservare però che, fortunatamente, i litorali davanti alle nuove arginature a mare del Delta, per effetto degli apporti solidi del Po, hanno subito un consistente ripascimento, quando già la subsidenza andava estinguendosi.

La ricostruzione per via naturale, a mezzo degli apporti solidi del Fiume Po, sia pure parziale, del litorale antistante il Delta costituì quindi la più valida e duratura difesa dei suoi territori dalle alluvioni del mare.

Alla subsidenza inoltre segue sempre il degrado del paesaggio, con profonde e permanenti trasformazioni dello stesso. Ad esempio il Delta del Po risulta come l'insieme di tanti catini sprofondati, con argini possenti per la difesa dal mare e dal fiume.

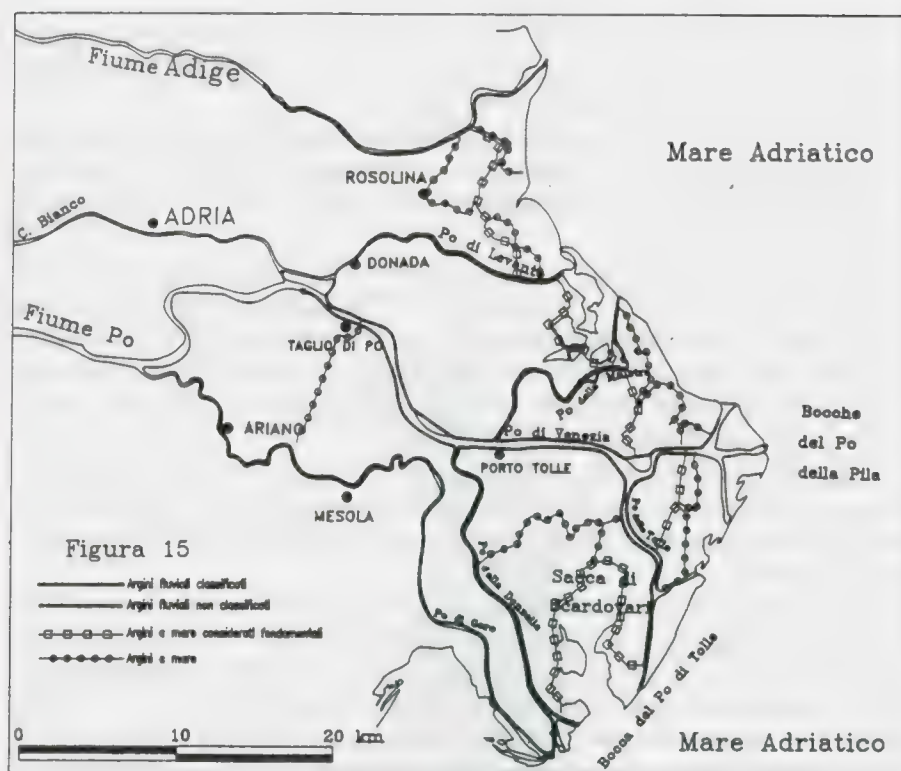


Figura 15

4. Estrazioni nell'Alto Adriatico. Programmi per l'immediato futuro

Negli anni dal 1950 al 1960 si sviluppò nel Polesine, per iniziativa di imprenditori privati, lo sfruttamento dei giacimenti gassosi, fino alla massima profondità di 600 m, poiché le ricerche e gli sfruttamenti a profondità superiori erano riservate all'ENI.

Nel 1960, a seguito di gravissimi eventi calamitosi, inequivocabilmente da collegarsi con tali sfruttamenti, il Ministero dell'Industria disponeva la sospensione di queste attività, prima in un'area limitata per scopo sperimentale, successivamente in tutta l'area polesana. È da segnalare che il danno irreversibile arrecato alle zone interessate era ormai catastrofico (sprofondamenti del suolo anche oltre tre metri).

Nel 1952 l'ENI iniziò gli sfruttamenti, che divennero intensivi nel 1955, di tre grandi giacimenti gassosi nel Ravennate: Alfonsine, Ravenna e Cotignola, situati a profondità di 3000 m circa.

Successivamente l'ENI ed altre società petrolifere iniziarono le ricerche e lo sfruttamento di giacimenti a mare. Le aree di concessione sono sinteticamente riportate nella fig. 16.

Mentre per gli sfruttamenti avvenuti in terraferma è stato possibile controllare gli effetti di subsidenza con l'impiego di tecniche tradizionali (livellazioni di alta precisione), ciò non è stato possibile per i giacimenti a mare.

A parte che sembra fin troppo evidente che i fenomeni verificatisi in terraferma, cioè gli abbassamenti del suolo nelle zone interessate dagli sfruttamenti e quelle limitrofe, sono gli stessi che ci dobbiamo attendere nel litorale sommerso, dato che le caratteristiche geologiche delle due zone sono analoghe, ed esistono comunque alcuni dati sperimentali che confermano questo fatto.

Infatti l'aumento della frequenza e del potere distruttivo delle mareggiate è una conferma che il litorale sommerso antistante il Ravennate ha subito un sensibile abbassamento, tanto da influire sul regime del moto ondoso.

Così pure le erosioni massicce di gran parte del litorale romagnolo (a parte le zone che si trovano in prossimità dei moli e sottratta la quota parte di erosione o dovuta alla diminuita portata solida dei fiumi) sono evidentemente da collegare con l'aumento della carica energetica delle onde, in relazione sempre all'abbassamento del litorale sommerso, ed alla tendenza della ricostruzione del profilo di equilibrio dello stesso.

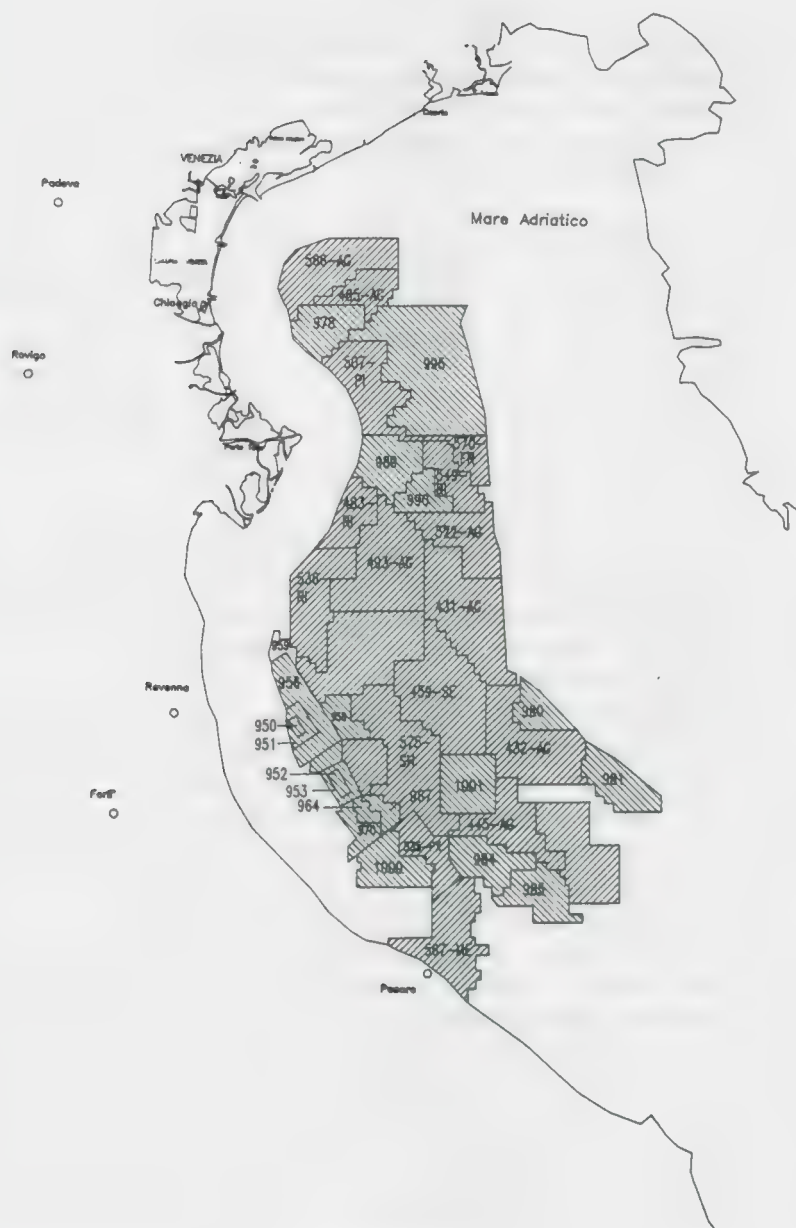
Si citano infine le frequenti alluvioni per effetto dell'acqua del mare in queste zone costiere, in occasione delle mareggiate.

Da alcuni anni disponiamo però di una tecnica di rilievo satellitare, di cui farà cenno più avanti, per la misura degli effetti prodotti dalla subsidenza. Questa tecnica ci può consentire di controllare anche i movimenti del litorale sommerso.

Si auspica che quanto prima venga attuato questo tipo di controllo lungo la costa del Ravennate, onde evitare che si accumulino, per effetto delle estrazioni che sono in atto al largo davanti alle spiagge, abbassamenti che inevitabilmente provocano danni irreparabili, soprattutto alla fascia litoranea.

Nel quadro di operazioni di ricerca da parte del sottoscritto, per collaudare la nuova tecnica satellitare per il controllo della subsidenza, sono state eseguite alcune reti di capisaldi, nel Delta del Po e nel Ravennate. Quest'ultima rete, collegata alla precedente, comprende tutto il litorale romagnolo fino a San Marino.

Sono state eseguite alcune tornate di controllo che hanno evidenziato che è tuttora in atto in tali zone, cioè lungo la costa del Ravennate, un abbassamento anormale del suolo che, a parere del sottoscritto, è da



collegarsi alle estrazioni effettuate al largo. Finalmente esiste una prova sperimentale che conferma ciò che si poteva logicamente dedurre dalle esperienze precedenti in terraferma.

Ciò d'altronde è confermato anche dalle ultime livellazioni eseguite dall'Istituto Geografico Militare, in corrispondenza della linea 16.

Infatti i capisaldi riportati nella seguente tabella 1, rilevati dal 1953 al 1990 denunciano un abbassamento medio di 50 cm, maturato in 37 anni, cioè 1,3 cm/anno, che corrisponde all'abbassamento rilevato con la tecnica satellitare.

Tabella 1 - Quote di capisaldi.

caposaldo	quota 1953	quota 1970	quota 1990
Cs. 16/5 Rimini	13,91389	13,7921	13,3569
Cs. 16/9 Bordonchio	8,63137	8,5166	8,0447
Cs. 16/30 Cervia	1,86848	1,7550	1,3265

A questo punto, dopo la rassegna dei disastrosi effetti della subsidenza originata dalle estrazioni di fluidi dal sottosuolo e descritti precedentemente, io sottopongo all'attenzione dei tecnici e dell'opinione pubblica una situazione veramente paradossale, che ha dell'incredibile, ma che corrisponde a verità.

L'AGIP sta iniziando le estrazioni di gas metano da giacimenti rinvenuti nell'Alto Adriatico davanti alle lagune di Venezia e davanti al Delta del Fiume Po, a distanze inferiori ai 20 km. Per il giacimento davanti alla Laguna di Venezia, di fronte a Chioggia, tutte le autorizzazioni sono già state rilasciate. Si vedano le aree di concessione riportate nella figura 16.

Torniamo ad esaminare le zone dell'Alto Adriatico dove sono già state effettuate estrazioni di fluidi e cioè: Polesine, Ravennate (terraferma) e Ravennate (off-shore). In tutti questi casi le estrazioni di fluidi hanno comportato abbassamenti del suolo e del litorale con le drammatiche conseguenze che si conoscono. Esaminiamo la sezione della crosta terrestre (fig. 17), da Ravenna a Venezia, rilevata dall'AGIP stessa: la situazione di tutte le zone dell'Alto Adriatico sono molto simili dal punto di vista geologico. Direi che è elementare prevedere che eventuali estrazioni di fluidi dai giacimenti davanti a Chioggia, al Delta del Po, a Venezia individuati nell'Alto Adriatico provocheranno analoghi irreversibili disastri.

E non si vengano a proporre tecniche di estrazione particolare a titolo

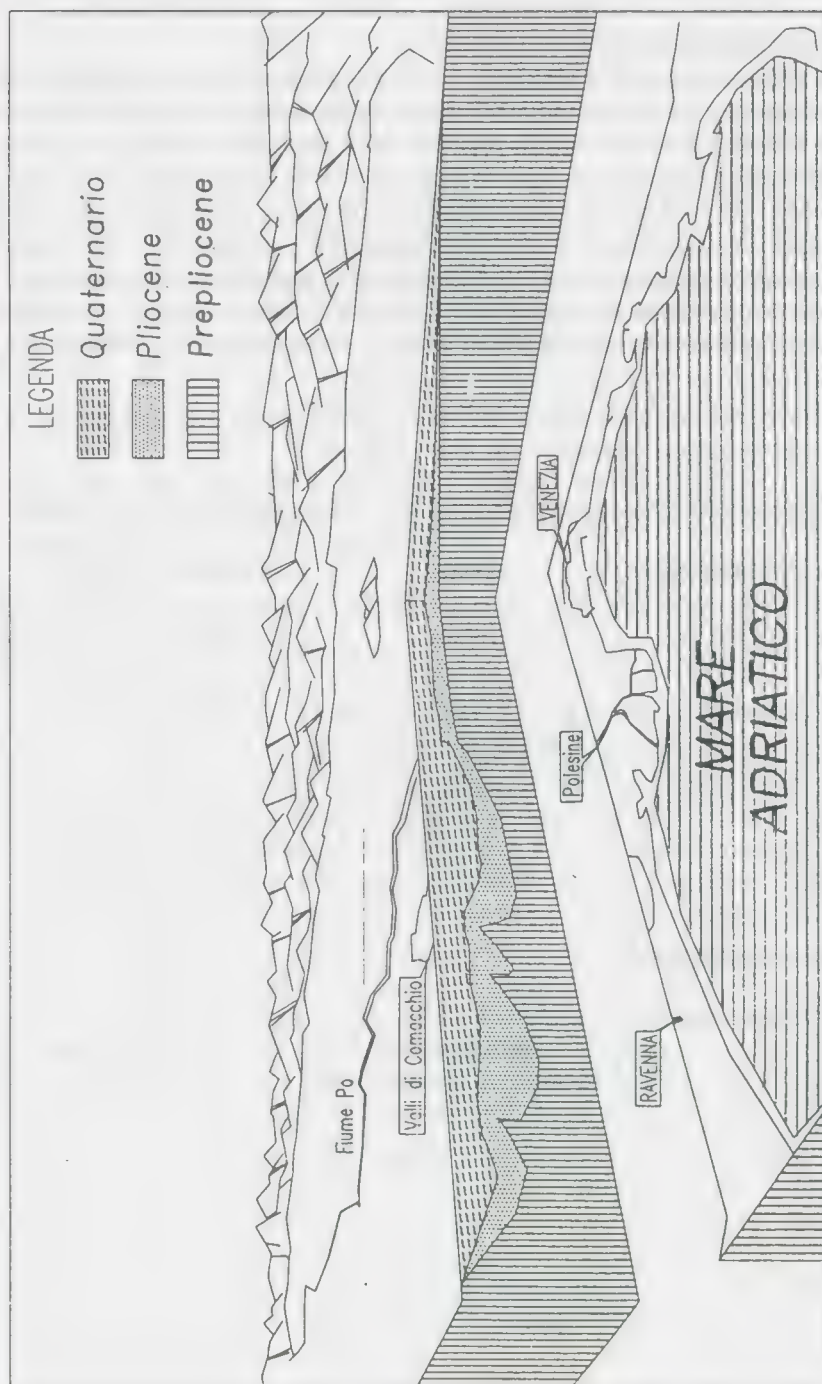


Figura 17

sperimentale, o sofisticati modelli matematici per ottenere via libera agli sfruttamenti. Queste esperienze dovevano essere fatte altrove e non di fronte a Venezia ed al Delta del Po, dove le opere di difesa sono di una estrema fragilità.

Lo sfruttamento di questi giacimenti comporterà sicuramente un abbassamento anormale del litorale sommerso e, com'è dimostrato anche con i modelli teorici, di una fascia di territorio costiero. L'entità e la distanza di propagazione dei fenomeni di subsidenza non sono facilmente prevedibili e dipenderanno soprattutto dalle profondità dei giacimenti e dalle entità e dalle modalità degli sfruttamenti. Lo sfruttamento dei giacimenti e gli abbassamenti conseguenti alla fine innesceranno una serie di modificazioni del moto ondoso, del trasporto solido al punto da coinvolgere l'intera configurazione altimetrica e planimetrica del litorale dell'Alto Adriatico.

Nella seguente tabella 2 si riportano le denominazioni e le scadenze delle concessioni, i titolari e le superfici.

Tabella 2 - Denominazioni e scadenze delle concessioni, titolari e superfici.

n. rif.	denominazione	titolari	scadenza	superficie [ha]
978	A.C9.AG	AGIP	23/10/2009	13.859
989	A.C14.AS	AGIP (50%) Deutsche Shell (50%)	18/3/2011	15.228
990	A.C14.AX	AGIP (82%) Elf Ital. (10%) Petrex (8%)	18/3/2011	7.562
istanza per concessione:				
8	d16A. C-AG	AGIP (70%) Elf Ital. (15%) Montecatini Edison (8%)	—	54.085

5. Controllo della subsidenza

I metodi tradizionali di rilievo altimetrico (livellazioni geometriche di precisione) permettono di determinare con elevata precisione le quote dei punti rilevati, ma con tempi estremamente lunghi, soprattutto se il caposaldo di riferimento è lontano. Questa circostanza ha come conseguenza che, se il rilievo è effettuato in terreni soggetti a subsidenza, si vengono a sommare errori sistematici agli inevitabili errori accidentali propri del metodo di misura. L'entità di errori sistematici ovviamente dipende dall'entità dell'abbassamento del suolo, e può anche superare le tolleranze accettate per questo tipo di rilievo. Si può dimostrare che, con le normali procedure di rilievo altimetrico, si riesce a determinare solo circa metà della subsidenza maturata dall'inizio alla fine delle misurazioni.

Pertanto il metodo ottimale di controllo della subsidenza dovrebbe soddisfare ai seguenti requisiti:

- 1) precisione della misura (misure accurate ed affidabili);
- 2) velocità di esecuzione delle operazioni, magari in tempo reale;
- 3) costi contenuti delle operazioni.

Il metodo tradizionale soddisfa solo in parte al primo requisito, in quanto la notevole precisione del metodo di rilievo può essere pregiudicata dalla presenza dell'errore sistematico-dovuto alla subsidenza.

Attualmente la tecnica satellitare G.P.S. (Global Positioning System) è l'unico metodo che soddisfa contemporaneamente a tutti i tre requisiti.

Questo sistema si basa sull'utilizzazione di 24 satelliti NAVSTAR (Navigation Satellite with Time and Ranging) che ruotano attorno alla Terra ad altezze di circa 25 000 km, con un periodo orbitale di circa 12h (fig. 18). I satelliti trasmettono continuamente segnali su due frequenze distinte, denominate L1 e L2, sulle quali sono modulate informazioni binarie contenenti tutti i parametri per la determinazione della loro orbita.

Quando due ricevitori a terra ricevono simultaneamente i segnali trasmessi da almeno tre satelliti, è possibile determinare con precisioni dell'ordine di $5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ (parte per milione= mm/km) la posizione spaziale dei ricevitori stessi. Tali risultati sono ottenuti con ricevitori posti fino a 30-40 km l'uno dall'altro; la ricezione di entrambe le frequenze L1 e L2 permette inoltre di aumentare ulteriormente tale distanza, potendosi in tal caso eliminare gli effetti dovuti alla ionosfera sulla propagazione del segnale.

Ogni sessione di misura richiede un tempo di circa trenta minuti, in funzione della geometria e del numero dei satelliti che possono essere

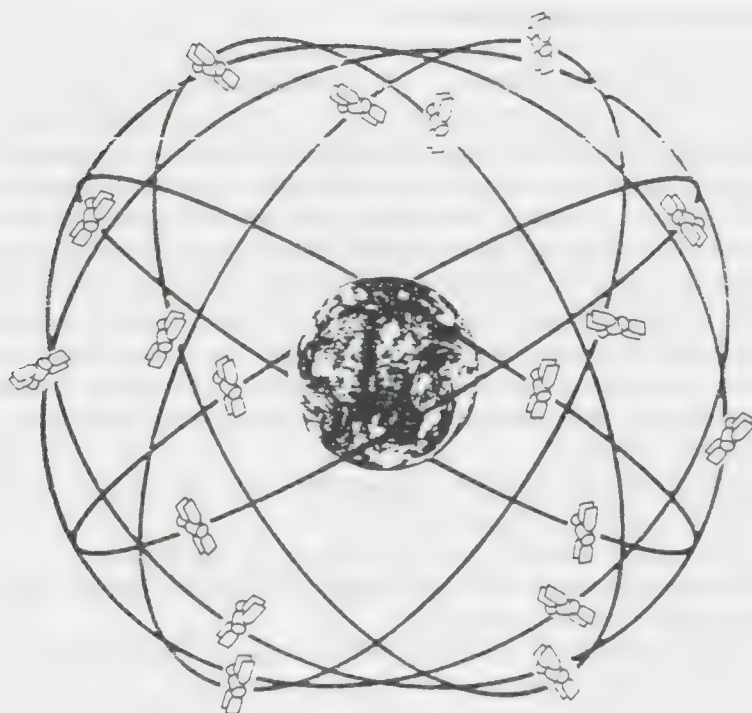


Figura 18

ricevuti. La misura è quindi praticamente in tempo reale, con riferimento al controllo della subsidenza di un territorio.

Anche un bilancio dei costi di esecuzione delle operazioni di misura è decisamente a favore della tecnica G.P.S., con riferimento a risultati omogenei rispetto sia alla precisione che alla densità dei punti rilevati.

La tecnica G.P.S. offre quindi prestazioni a costi tali da renderla preferibile rispetto alle normali livellazioni di precisione (tolleranze $5 \div 6 \sqrt{d}$ mm) anche in terreni non soggetti a fenomeni di subsidenza. Nel caso però in cui le zone oggetto di misurazione siano interessate da abbassamenti anormali del suolo la tecnica G.P.S. diventa insostituibile, sia con riferimento alle livellazioni di precisione che di alta precisione.

Si mette inoltre in evidenza che la tecnica G.P.S. è attualmente l'unica che permette di rilevare il movimento di capisaldi ubicati sul fondo del mare, anche a centinaia di chilometri dalla costa. Tale possibilità consentirebbe così di separare l'effetto della subsidenza del litorale sommerso dall'effetto di erosione dovuto alla maggior energia col quale il mare giunge a riva.

Una modalità particolare di impiego del sistema G.P.S., denominata

cinematica, permette di ottenere la posizione in tempo reale del ricevitore anche in movimento, rinunciando ad una piccola parte della precisione ottenibile col posizionamento statico; con tale modalità la delimitazione della linea di battigia e la determinazione delle batimetriche potrebbe essere effettuata in tempi estremamente ridotti ed a costi contenuti.

Combinando insieme queste possibilità offerte dalla nuova tecnica satellitare si ha la possibilità di tenere sotto controllo grandi zone subsidenti, fino a circa 100 km dalla costa, in modo rapido e tempestivo, garantendo così la possibilità di attuare interventi di difesa dal fenomeno prima che i danni diventino irreversibili.

6. Esempi di impiego della tecnica G.P.S. per il controllo della subsidenza

Da alcuni anni vengono effettuati controlli altimetrici, a mezzo della tecnica G.P.S., di due reti di capisaldi, collegate tra loro, ubicate rispettivamente nel Delta del Po e nel Ravennate.

Tali reti, che sono rappresentate nelle figure 19 e 20, sono oggetto di controlli periodici della quota al fine di evidenziare eventuali movimenti verticali del suolo.

I risultati ottenuti fino ad oggi confermano la validità del sistema G.P.S. per il monitoraggio dei movimenti del suolo di aree subsidenti, ed hanno messo in luce soprattutto la rapidità e l'economicità del sistema rispetto ai metodi tradizionali.

Le reti sono state realizzate in modo da formare delle maglie di triangoli pressoché equilateri, con lati di 10-15 km. Le misure sono effettuate con due ricevitori in translocazione in corrispondenza di tutti i lati dei triangoli. Si ha in questo modo una sovrabbondanza di misure che permette, con una opportuna elaborazione, di raggiungere scarti paragonabili a quelli raggiungibili con le livellazioni di precisione.

I vertici delle reti sono stati scelti, quando possibile, in corrispondenza di capisaldi dell'Istituto Geografico Militare o di altri enti, in modo da poter effettuare confronti con le quote determinate con i metodi tradizionali, oltre che permettere la possibilità di poter passare dalle quote geoidiche a quelle ellissoidiche.

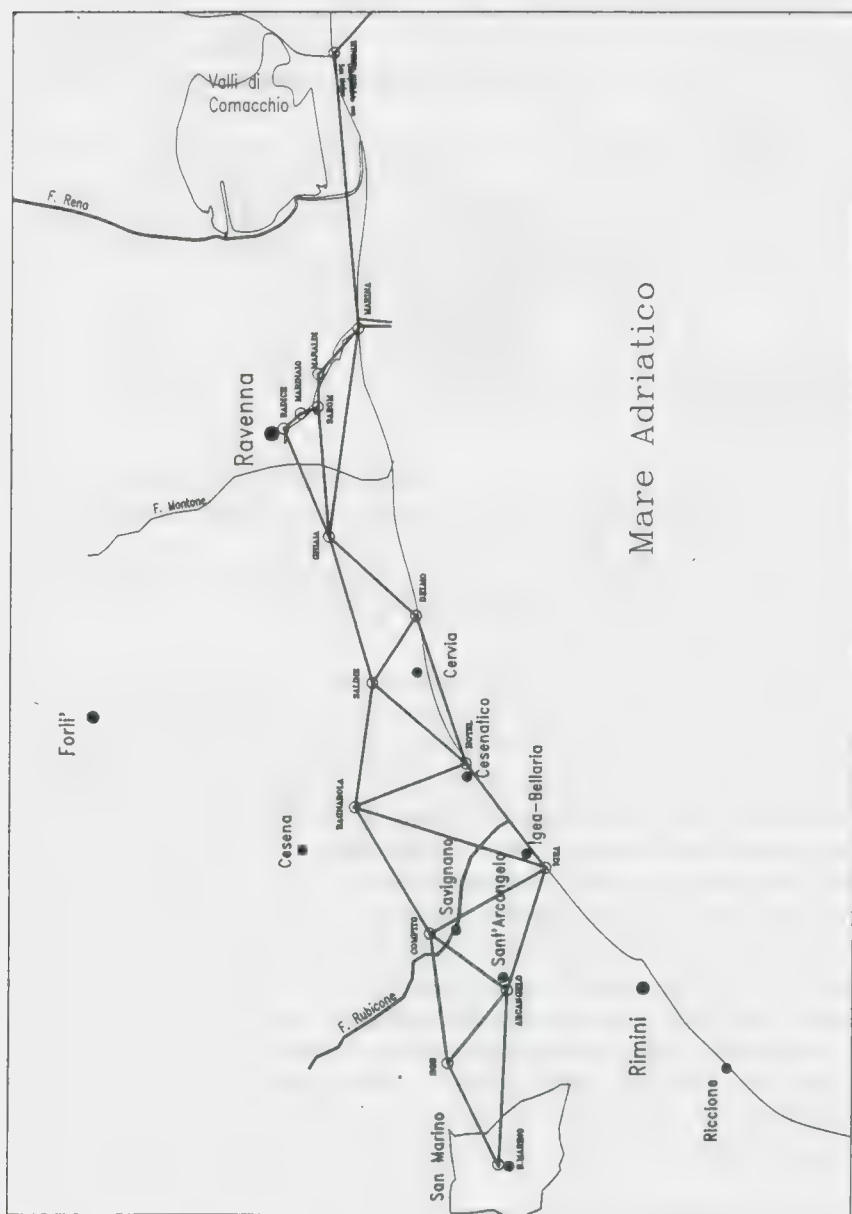


Figura 19

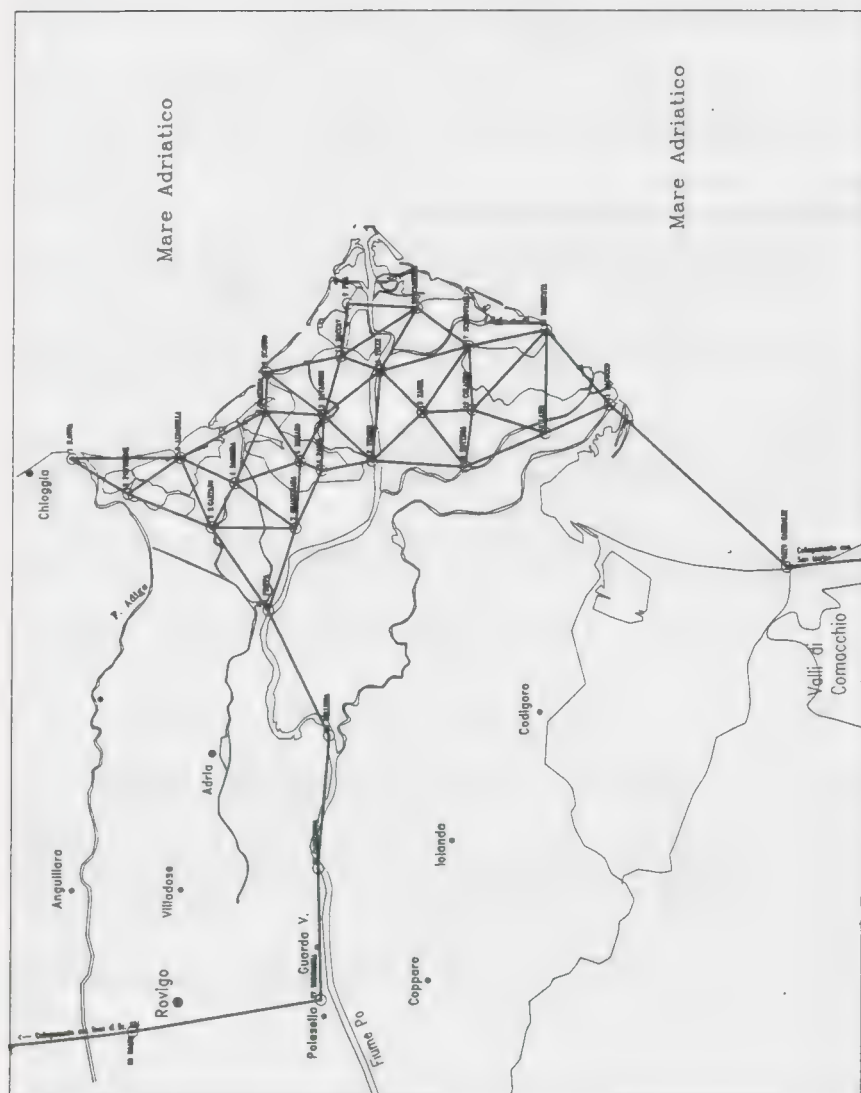


Figura 20

BIBLIOGRAFIA

- ADAMI A. (1991), *Possibili sviluppi dei luoghi umidi nel delta del Po*. Convegno «Il fiume e la sua terra», Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Accademia dei Concordi, Rovigo, settembre.
- BORTOLOTTI S., GAMBARDELLA F. & ZAMBON M. (1991), *Il sistema G.P.S. per il controllo della subsidenza del Delta del Fiume Po e della sua asta principale*. Fourth International Symposium on Land Subsidence, Houston, Texas.
- GAMBOLATI L., FREEZE R.A. & GATTO P. (1973), *Mathematical simulation of the subsidence of Venice*, Water Resour; Res.
- LEWIS & SCHREFLER (1987), *The finite element method in the deformation and consolidation of porous media*. John Wiley & Sons, London.
- MARCHI E. (1990), *Le risorse idriche e la loro gestione*. Convegno «Po Acqua Agricoltura Ambiente», Bologna (pubblicato su Navigazione Interna, n. 1/1991).
- MARCHI E. (1991), *Il Po: stato attuale e prospettive*. Convegno: «Il fiume e la sua terra», Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Accademia dei Concordi, Rovigo, settembre.
- SHERRER (1985), *The WM GPS Primer*. WM Satellite Survey Company, Heerbrugg, Switzerland.
- TOMELLERI V. & ZAMBON M. (1989), *Spedizione Condor 89*. Relazioni Geodetiche. Padova.
- WELLS (1987), *Guide to GPS Positioning*. Canadian GPS Associates.
- YAU (1989), *Investigations of WM102 Dual Frequency Receiver and PoPS3 L1/L2 Post-Processing Software*. WM News 2/89, Heerbrugg, Switzerland.
- ZAMBON M. (1967), *Analisi delle cause e del decorso dei cedimenti del suolo nel Polesine. Deduzioni ed indirizzi logicamente conseguenti per la sistemazione del Delta del Fiume Po*. Atti della Tavola Rotonda «Situazione idraulica in Polesine», Accademia dei Concordi, Rovigo.
- ZAMBON M. (1982), *Abbassamenti Anormali del Suolo Polesano dal 1958 al 1970*. Accademia dei Concordi, Rovigo.
- ZAMBON M. (1989), *Controllo ed evoluzione della subsidenza di un territorio mediante l'impiego di tecniche satellitari*. Convegno «Subsidenza da estrazione di fluidi dal sottosuolo», Venezia.
- ZAMBON M., *Prevenzione e controllo della subsidenza* (1992). Convegno «1951-1991, tra memoria e futuro. Tutela e gestione del territorio a quarant'anni dall'alluvione del Polesine», Accademia dei Concordi, Rovigo.

Evoluzione dello stato di inquinamento del Po e vulnerabilità potenziale degli acquiferi connessi¹

Massimo CIVITA^(*) & Giuseppe GENON^(**)

Abstract. - *The Po River watershed is the most important one identified by Italian act concerning soil and water defence. It is, also, intensely populated and an important rate of the Italian industrial, agricultural and breeding production system is located within. For such a reason, an intense anthropic pression gives the watershed surface water highly prone to several type of contamination, variable in time and in space.*

Ground water is the most important source of drinking supply and the main aquifer is almost connected to the surface water network. Intrinsic ground water vulnerability to contamination is quite differentiated in the Po basin. It was assessed using an advanced parametric system that allows to a detailed zoning. An evaluation of the contamination hazard it thus possible so as to predict to main hazardous areas in which ground water contamination would take place also by polluted river sediments or in occasion of high rate contamination spreading cases.

1. Introduzione

Il 16 Maggio di quest'anno, nel tratto emiliano del Po è stata riscontrata una estesa e pesante moria della fauna ittica causata da uno scarico diretto di origine zootecnica che ha elevato il tasso di ammoniaca e di coliformi totali di decine di volte al di sopra della soglia di normalità, già per altro alta.

Questo è solo uno dei tanti episodi di inquinamento che colpiscono ogni anno il più grande e complesso sistema fluviale italiano: 652 km di sola asta principale, in gran parte arginati; 141 affluenti; oltre 71 000

¹ Pubblicazione n. 1077 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, del C.N.R. - U.O. 4.1 (Dipartimento Georisorse e Territorio del Politecnico di Torino - Resp. Prof. M. Civita).

^(*) Accademia delle Scienze, Torino, ordinario di Geologia Applicata, Politecnico di Torino; Responsabile della L.R. 4, GNDICI-CNR.

^(**) associato di Processi Biologici Industriali, Politecnico di Torino.

km² di bacino totale, comprendente il territorio di 6 regioni e 1 provincia autonoma, 3188 comuni. In questo ambito territoriale, ove risiedono 15,8 M abitanti, si forma il 40% del PIL; 3,2 M sono gli addetti alle attività produttive, 2,8 M afferiscono al terziario in forza del 37% dell'industria e del 47% dei posti di lavoro su base nazionale; si consuma il 48% dell'energia elettrica nazionale, prodotta da 280 centrali con potenza nominale di 17 GW. Ben 31 000 km² vengono coltivati, metà dei quali sono irrigati. Viene prodotto il 35% della produzione agricola nazionale; vengono allevati 4,2 M capi bovini e 5,2 M capi suini.

Dai dati riportati in precedenza si deduce con chiarezza quale importanza tecnica, sociale ed economica assume l'impatto di un tale conglomerato di antropizzazione sulla qualità delle acque superficiali del bacino, in particolare per l'interscambio con le acque dell'acquifero complesso soggiacente, le acque del quale vengono usate per l'alimentazione umana. Tale problematica, che pure rientra in pieno nel quadro di un sistema normativo di tutela delle risorse ambientali informato da leggi di alto profilo e lungamente attese (il d.p.r. 236/88, la legge 183/89, la legge 36/94), non viene certo affrontata nel modo approfondito dal punto di vista scientifico e tecnico che essa richiede se si vogliono tempestivamente identificare adeguate soluzioni di tipo strutturale e non strutturale.

Questo lavoro vuole contribuire a porre tale problematica all'attenzione non solo della comunità scientifica ma anche di coloro ai quali tocca la responsabilità di gestire il territorio e le sue risorse primarie, in particolare le risorse idriche sotterranee, ben sapendo che esse non possono e non devono essere più considerate un bene infinito e, dunque, di libero sfruttamento e di valore economico nullo.

2. L'assetto del sistema fisiografico

Per una corretta identificazione di qualunque problematica ambientale che concerna il bacino padano è necessario definire l'importanza delle situazioni al contorno:

- la catena delle Alpi, con i suoi differitori (ghiacciai) ed accumulatori (laghi) di risorse idriche superficiali, caratterizzata, dal punto di vista idrogeologico, da buoni acquiferi carbonatici nelle Alpi Marittime, da ricettori sotterranei trascurabili nella parte centro-occidentale, da acquiferi carbonatici, sebbene compartimentati, nella parte prealpina ed alpina centro-orientale.
- l'Appennino settentrionale, dalle Langhe e dal Monferrato, all'Alto

Modenese, ove prevalgono di gran lunga terreni a bassa permeabilità e, dunque, situazioni di ruscellamento relativamente elevato.

La pianura, ossia la parte centrale del sistema (46 000 km²), è fisiograficamente differenziata sia dal punto di vista idrologico che da quello prettamente idrogeologico. Il regime di quasi tutti i tributari di sinistra è informato dalle copiose acque di provenienza alpina, regolate dai laghi perialpini, che influiscono in modo determinante sulle portate estive del reticolo drenante, per altro estesamente canalizzato nella parte centrale della pianura. Diverso è il regime degli affluenti di destra, legato indissolubilmente alla distribuzione delle precipitazioni e solo marginalmente alla fusione delle nevi.

L'assetto idrogeologico della pianura (fig. 1) non può prescindere



Figura 1 - Schema idrogeologico della Pianura Padano-Veneto-Friulana. 1 = Acquiferi molto produttivi in sedimenti ghiaioso-sabbiosi; 2 = Acquiferi da produttivi a scarsamente produttivi in sedimenti sabbioso-ghiaioso-limosi; 3 = Acquiferi scarsamente o non produttivi in sedimenti prevalentemente fini; 4 = Substrato alpino ed appenninico; 5 = Principali corsi d'acqua; 6 = Laghi perialpini; 7 = Captazioni principali di acqua sotterranea (da: CIVITA, GIULIANO & PELLEGRINI, 1993).

dall'incertezza dei limiti nord-orientali e sud-orientali del bacino padano: ancora non è stata chiarita la posizione dello spartiacque sotterraneo tra Po ed Adige a NE. A SE, il bacino del Reno e quello dei corsi d'acqua minori sino alla costa adriatica sembrano più o meno idrogeologicamente connessi con il Po.

Il bacino padano è un'area di subsidenza più o meno marcata: la base dei terreni marini pliocenici, con una superficie fortemente articolata perché condizionata dalla struttura tettonica profonda, raggiunge in certi punti la profondità di 6000 m laddove lo spessore medio della sequenza plio-quadernaria è valutato in 3500 m, oltre la metà dei quali attribuiti ai depositi quadernari.

La parte alta di queste assise prevalentemente continentali è costituita da ghiaie e sabbie indifferenziate nelle zone di conoide perialpine e periappenniniche mentre nella parte centrale della pianura e verso la costa adriatica prevalgono sedimenti fini (sabbie, limi, argille). Per queste ragioni il sistema acquifero è del tipo monostrato, ma nella parte centrale della pianura e verso la costa esso viene compartimentato, in livelli più o meno interconnessi, da impermeabili intercalari di geometria variabile sia arealmente che verticalmente. La base del sistema acquifero non è definibile idrogeologicamente: essa corrisponde all'interfaccia acqua dolce-acqua salata proveniente dai sedimenti marini o, lungo la costa, dal mare. Molto importante è la situazione delle aree di conoide, dove l'acquifero monostrato altamente trasmissivo è libero, poco coperto da suolo, in diretta connessione con le acque pluviali e fluenti in superficie. In queste zone si realizza la massima parte della ricarica attiva del sistema, prevalentemente dovuta a travasi di corsi d'acqua (fino a 2-3 m³/s km) e di acquiferi posti al margine dei sistemi montuosi al contorno. Più verso la parte centrale della pianura, i corsi d'acqua tendono a drenare l'acquifero o, almeno, la sua parte libera superficiale alimentata anche dalla fitta rete di canalizzazioni irrigue e da vaste aree ove viene praticata l'irrigazione per sommersione (p.e. le zone di coltivazione del riso del Vercellese e della Lomellina).

Al centro della Pianura Padana e nella zona terminale dell'asta del Po, l'acquifero è quasi sempre tenuto in pressione da livelli confinanti argillosi. Le acque sotterranee sono molto vecchie (oltre 25 000 anni), mostrano un potenziale red-ox negativo e sono fuori norma per ammoniaca, ferro, manganese, arsenico con riferimento alle concentrazioni massime ammissibili per le acque potabili fissate dal d.p.r. 236/88.

3. Lo stato di inquinamento e la qualità delle acque

La pressione antropica sulle risorse idriche globali del bacino padano è stimata in 138 MAE (AE = Abitante Equivalente), il 13% dei quali viene attribuito agli scarichi civili, il 42% a quelli industriali ed il 45% agli scarichi delle attività agro-zootecniche (MINISTERO DELL'AMBIENTE, 1992).

I dati più recenti sui carichi inquinanti medi annui del Po, nella sua globalità, sono riportati in tab. 1.

Tabella 1 - Stima del carico annuale di sostanze inquinanti del Fiume Po (da: MINISTERO DELL'AMBIENTE, 1989 - modificata).

sostanza organica			nutrienti			metalli pesanti in soluzione			
BOD	TOC	COD	TKN	PO ₄ -P	TP	Cd	Pb	Cr	Cu
Mkg/a	Mkg/a	Mkg/a	Mkg/a	Mkg/a	Mkg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a
370.8	271.5	700.1	81.8	3.5	10.9	2300	16200	34800	30100

BOD = Domanda biochimica di ossigeno; TOC = Carbonio organico totale; COD = Domanda chimica di ossigeno; TKN = Azoto totale (Kjeldhal); PO₄-P = Fosforo ortofosfato; TP = Fosforo totale.

Più in dettaglio, in tabella 2 è riportata la ripartizione del carico di nutrienti introdotti nel bacino, tenendo conto della derivazione; è importante osservare il cospicuo contributo derivante dal settore agricolo e zooagricolo, il quale, anche se affluisce solo in parte in corpi idrici superficiali, contribuisce in ogni caso al carico di nutrienti presenti nell'acquifero complessivo, tenendo conto anche dei fenomeni di percolamento e penetrazione.

Ma, al di là delle medie, la qualità delle acque del Po deve essere valutata sia tenendo conto della sua evoluzione spaziale, dalle origini lungo il corso del fiume, sia delle modificazioni che sono intercorse negli anni al sistema fisiografico e a quello insediativo-produttivo. Queste valutazioni si basano su alcune indagini sistematiche effettuate a partire dagli anni '70 con cadenza quinquennale. Le informazioni che dalle rilevazioni sopra ricordate si è inteso raccogliere e coordinare riguardano essenzialmente:

- l'entità dei carichi inquinanti introdotti sia in modo distribuito, sia ad opera di alcune grosse immissioni localizzate;
- la qualità conseguente delle acque del fiume, con riferimento sia ai parametri di inquinamento ubiquitario derivanti dalla presenza umana, sia a specifici parametri di derivazione tecnologica;
- l'importanza ed il significato di meccanismi di evoluzione dinamici

dell'inquinamento, conseguenti a processi di autodepurazione di tipo biologico, a sedimentazione e risospensione di materiale particolato, a riaerazione per fotosintesi, etc;

- l'effetto di grossi interventi su scarichi concentrati corrispondenti ad opere di depurazione destinate a rimuovere taluni inquinanti e ad introdurne eventualmente altri secondari.

Tabella 2 - Sintesi dei carichi di nutrienti prodotti e liberati nel bacino.

DESCRIZIONE	AZOTO (ton/anno)	FOSFORO (ton/anno)
A. Carichi Generati		
A1. Civile	85.060	14.730
A2. Produttivo	28.350	1.473
A3. Civile+Produttivo (A1 + A2)	(133.410)	(16.203)
A4. Zootecnia	363.770	60.690
A5. Fertilizzanti	280.380	84.470
TOTALE	757.560	177.566
B. Carichi applicati al suolo agricolo		
B1. Zootecnia (95% di A4)	345.600	57.660
B2. Fertilizzanti (100% di A5)	280.380	84.470
TOTALE	625.980	142.130
C. Carichi rilasciati dal suolo in corpi idrici superficiali		
C1. Concimi animali (quota dilavata dal terreno)	58.760	1.620
C2. Fertilizzanti (quota dilavata dal terreno)	56.050	2.534
C3. Quota rilasciata dal suolo incolto	6.720	337
TOTALE	121.530	4.591
D. Carichi complessivi rilasciati in corpi idrici superficiali		
D1. Civile + Produttivo	103.930	15.443
D2. Zootecnia (5% di A4)	18.170	3.020
D3. Suolo (Totale = C)	121.530	4.591
TOTALE	243.630	23.054

Dal punto di vista della distribuzione degli inquinanti genericamente di origine antropica immessi lungo l'asta fluviale, è interessante con-

frontare gli andamenti di fig. 2 e fig. 3, entrambe desunti da campagne di analisi eseguite nell'ambito IRSA-CNR (IRSA, 1977; IRSA, 1991).

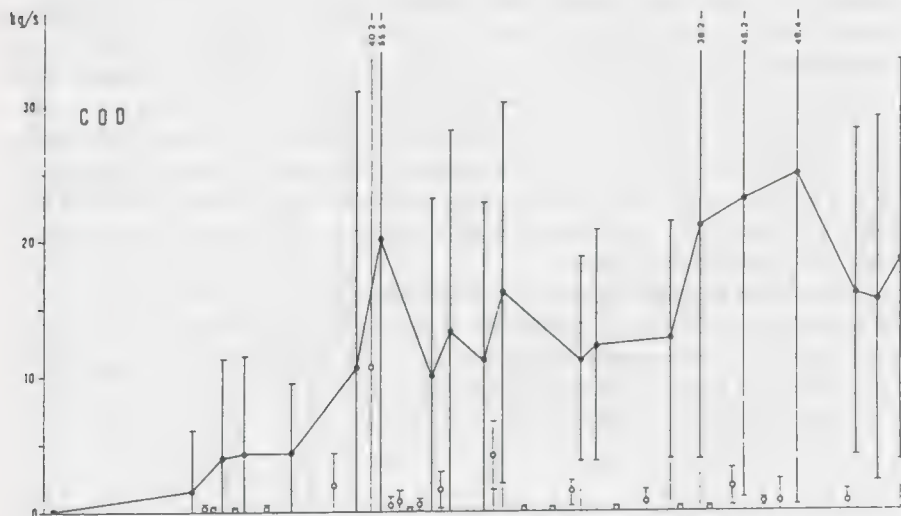


Figura 2 - Andamento del carico organico espresso come COD in kg per secondo. Varie stazioni di misura lungo il corso del Po da Crissolo (a sinistra) a Polesella (a destra).

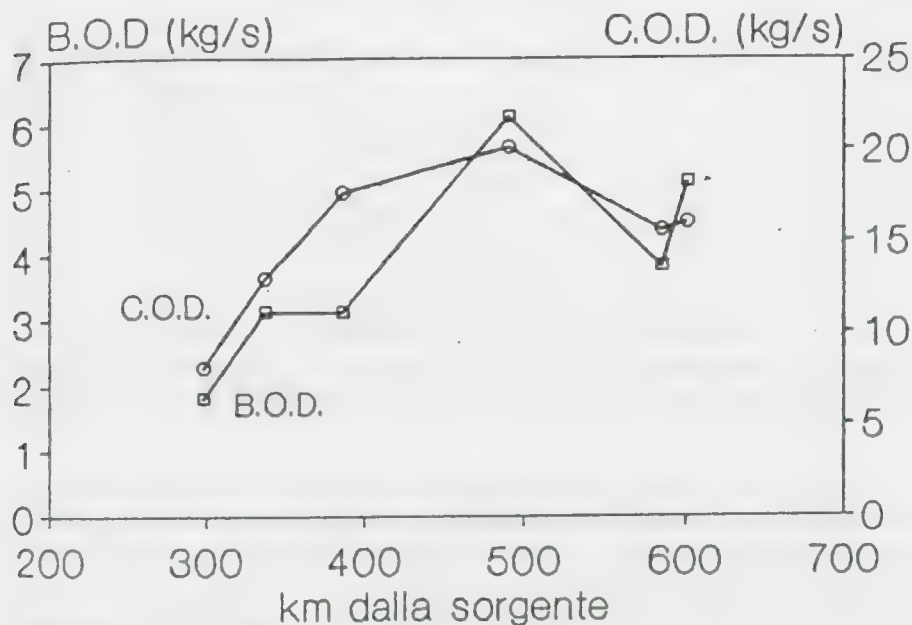


Figura 3 - Carichi di BOD e COD in kg per secondo.

Mentre per i dati corrispondenti agli anni '70 si riscontra un progressivo incremento nel carico di sostanza organica introdotta, con qualche effetto di antidepurazione nel tratto lombardo, la campagna di analisi dell'inizio degli anni '90 evidenzia come il contributo nel primo tratto (sino a 200-300 km della sorgente) sia quasi scomparso, in conseguenza di importanti interventi di collettamento e depurazione degli scarichi civili, mentre è ancora cospicuo il contributo nel tratto lombardo ed emiliano, sia per l'assenza di sistemi di depurazione pubblici, sia per il contributo di derivazione zootecnica. I valori globali di carico fluenti nel tratto finale sono pressoché equivalenti (20-30 kg/s come COD), il che testimonia di un incremento del contributo percentuale del tratto più a valle.

Per quanto riguarda invece l'introduzione di inquinanti di derivazione tecnologica, si può considerare il rame un significativo tracciante: negli anni '70 esso risultava immesso in modo distribuito lungo tutta l'asta fluviale (fig. 4), il che testimoniava di una molteplicità di origini, e di una sostanziale assenza di controllo.

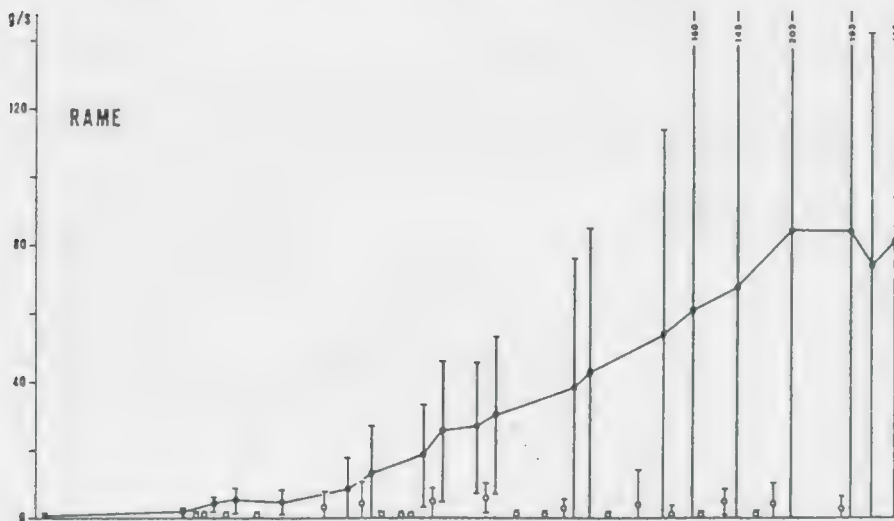


Figura 4 - Andamento del carico di rame espresso in grammi Cu per secondo. Varie stazioni di misura lungo il corso del Po da Crissolo (a sinistra) a Polesella (da: IRSA, 1977).

Il fenomeno sembra essersi sensibilmente ridotto in conseguenza dell'instaurarsi di una sufficientemente diffusa pratica di depurazione: ne danno testimonianza i dati di confronto di due campagne IRSA eseguite a Pontelagoscuro (fig. 5) ed il progressivo decremento nella concentrazione presente nelle acque fluenti nel tratto metropolitano torinese (fig. 6).

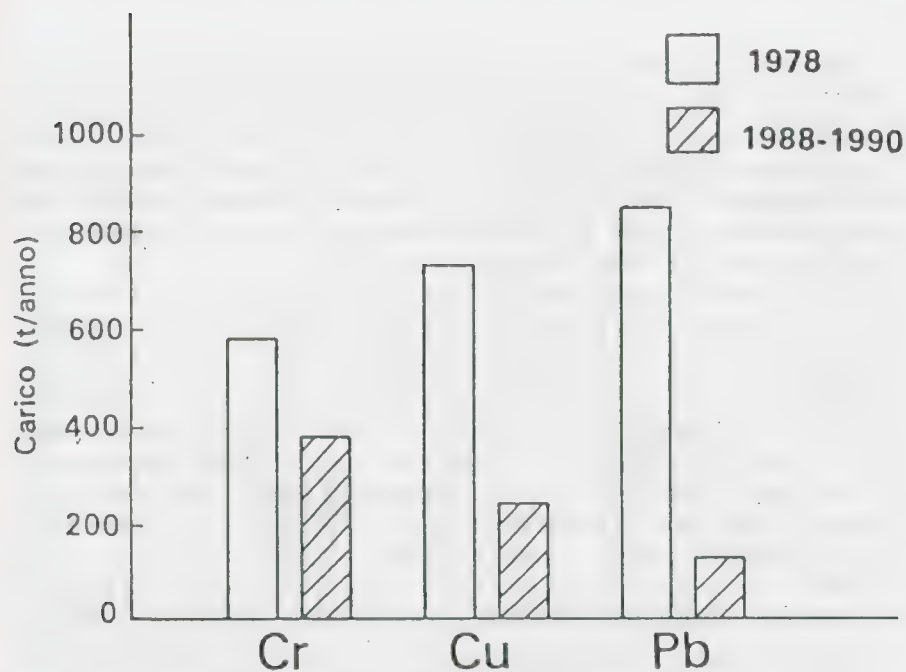


Figura 5 - Confronto tra le stime dei carichi (da: IRSA, 1991).

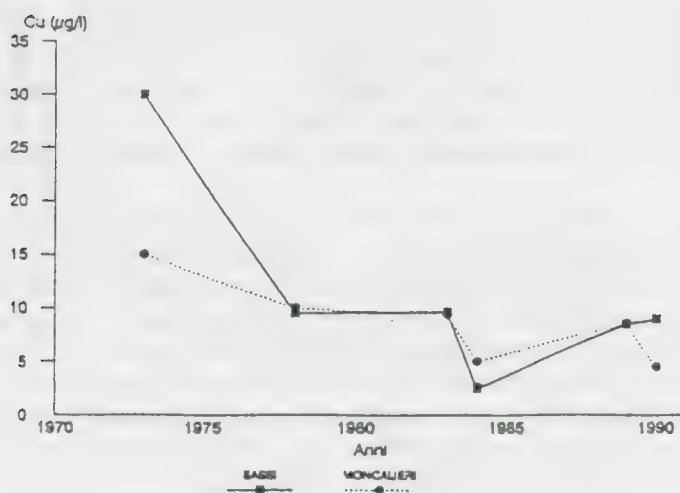


Figura 6 - Concentrazione in rame: attenuazione dell'effetto delle immissioni cittadine (da: GENON, 1991).

È ancora importante notare, dal punto di vista del contributo derivante da prodotti tecnologici, come si assista alla comparsa di nuovi prodotti inquinanti (sia per l'affinamento dei metodi analitici, sia per l'introduzione di nuovi principi attivi, specie nel settore agricolo), ed alla scomparsa di taluni obsoleti. Può essere il caso dei pesticidi, ove alla scomparsa di DDT e DDE fa da contrapposizione la comparsa di fosfati organici, pesticidi clorurati, ftalati.

La variazione spaziale della qualità delle acque fluviali del bacino padano è stata messa in evidenza con maggiore dettaglio da un'indagine effettuata dall'Istituto di Ricerca sulle Acque del CNR tra il 1987 ed il 1991 su 463 stazioni di misura posizionate sul reticolo idrografico nel suo complesso. La qualità generalizzata a scala di bacino viene differenziata in 4 classi (fig. 7) a seconda del grado di inquinamento. In base a tale ricerca, è possibile stabilire che gli affluenti che contribuiscono comunque all'inquinamento del Po si possono dividere in tre gruppi (MINISTERO DELL'AMBIENTE, 1992):

- *Tratti della rete idrografica fortemente inquinati* (tra i quali primeggiano Dora Riparia, Cervo, Bormida di Millesimo, Lambro, Parma, Staffora, Crostolo) caratterizzati da scarissima ossigenazione, elevati valori in tensioattivi, BOD, COD, NH_4 , fosfati e colibatteri: vengono, di norma, superate le concentrazioni-limite per la vita acquatica e per la produzione, previa potabilizzazione, di acqua destinata al consumo umano;
- *Tratti dalla rete idrografica relativamente poco inquinati* (tra i quali si annoverano Sesia, Ticino, Nure, Trebbia, Adda) caratterizzati da soddisfacenti livelli di ossigenazione, con valori di BOD, COD, NH_4 , fosfati e tensioattivi inferiori di 5-10 volte rispetto al primo gruppo e livelli di carica batterica inferiori di 1-2 ordini di grandezza;
- *Tratti della rete drenante con caratteristiche intermedie tra i primi due gruppi* (comprendenti Tanaro, Ongina, Panaro, Oglio, Mincio, ecc.).

Per altro, anche per i dreni della seconda e terza classe, la qualità globale è sempre condizionata da massicce concentrazioni di coliformi, tipici di scarichi fognari non depurati. Nei tratti del Po a valle di Torino e Milano e nella zona di Casalmaggiore, tra Cremona e Mantova, si registrano, inoltre, i picchi massimi di BOD, NH_4 , coliformi, ecc. dovuti a massicci scarichi zootecnici ed al dilavamento degli spandimenti di liquami della stessa origine utilizzati come fertilizzanti. I dati sistematicamente rilevati in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino indicano una notevole presenza di microinquinanti organici. La carica batterica, elevata nel tratto centrale (tra Torino e la confluenza dell'Enza) si riduce notevolmente per autodepurazione nel tratto terminale.



Figura 7 - Variazioni spaziali della qualità delle acque del bacino del Po (valutazioni secondo metodologia IRSA-CNR).
 1 = non inquinato; 2 = moderatamente inquinato; 3 = inquinato; 4 = molto inquinato. (da: MINISTERO DELL'AMBIENTE, 1992
 - ridisegnato).

Il Lambro (As, Pb, Cu), l'Oglio (As, Hg, Pb, Zn), l'Adda (Hg, Zn) risultano essere i corsi d'acqua più pesantemente colpiti da inquinamento da metalli. I punti di confluenza di tali dreni nel Po condizionano la qualità dell'acqua del primario per molti chilometri. In tab. 3 sono riportati i carichi dei principali metalli pesanti in punti significativi del fiume ed alla foce.

Tabella 3 - Concentrazioni medie di metalli pesanti (mg/l) in diversi punti del Po (da: MINISTERO DELL'AMBIENTE, 1992).

punto di misura	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
A valle di Torino	3.6	5.4	11.0	3.4	78.9
Tra Lambro e Isola Serafini	5.3	12.5	13.1	6.6	50.6
Foce	0.75	0.65	—	0.35	—

L'introduzione di elementi inquinanti all'interno del corpo idrico presenta delle conseguenze non soltanto dal punto di vista del bilancio di materia come risulta dalle concentrazioni riscontrate, ma anche in merito ai meccanismi di dinamica dell'inquinamento che si vengono ad instaurare.

Si nota ad esempio (fig. 8) come l'ossigeno disciolto possa oscillare tra valori massimi di sovrassaturazione, dovuti ad eutrofizzazione, e valori minimi di deficit, dovuti a depauperamento conseguente al consumo biologico. Lo scarto tra tali valori tende tuttavia ad attenuarsi negli anni come si nota pure da fig. 9.

Un ulteriore meccanismo che può instaurarsi è quello relativo a deposizione e risospensione di sedimenti, in dipendenza del regime fluviale; la fig. 10 illustra l'influenza delle portate sugli inquinanti disciolti (rappresentati dalla conducibilità) e su quelli sospesi. Si può notare da un lato l'effetto diluizione, dall'altro quello di sedimentazione e risollevarimento. Analogamente in fig. 11 si vede come l'inquinamento di tipo organico possa risultare attenuato lungo l'asta fluviale da effetti di sedimentazione.

Tale fenomeno può avere un riscontro negativo nell'accumulo di metalli pesanti nei sedimenti: la tab. 4 evidenzia come nei sedimenti di fondo siano state dosate quantità rilevanti di metalli.

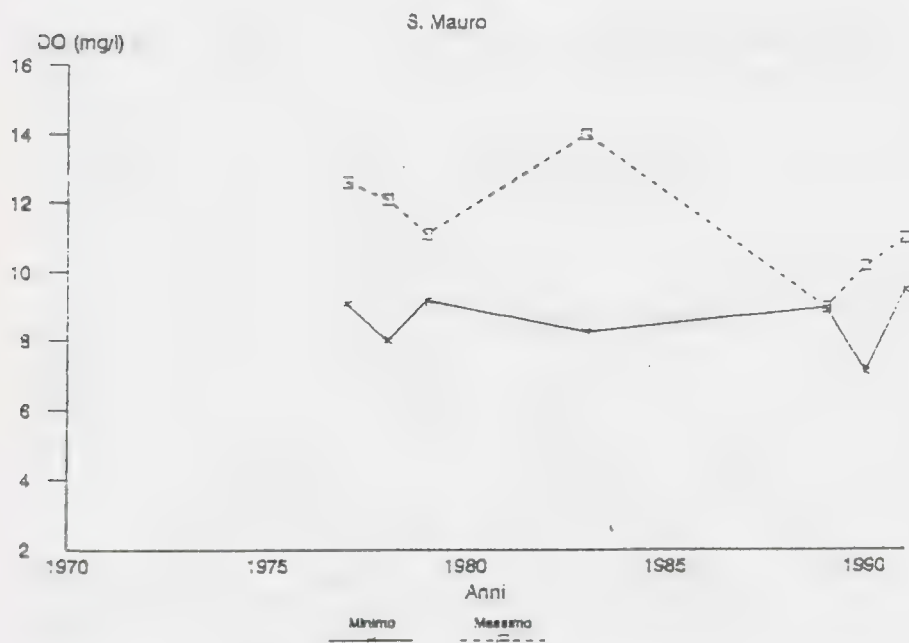
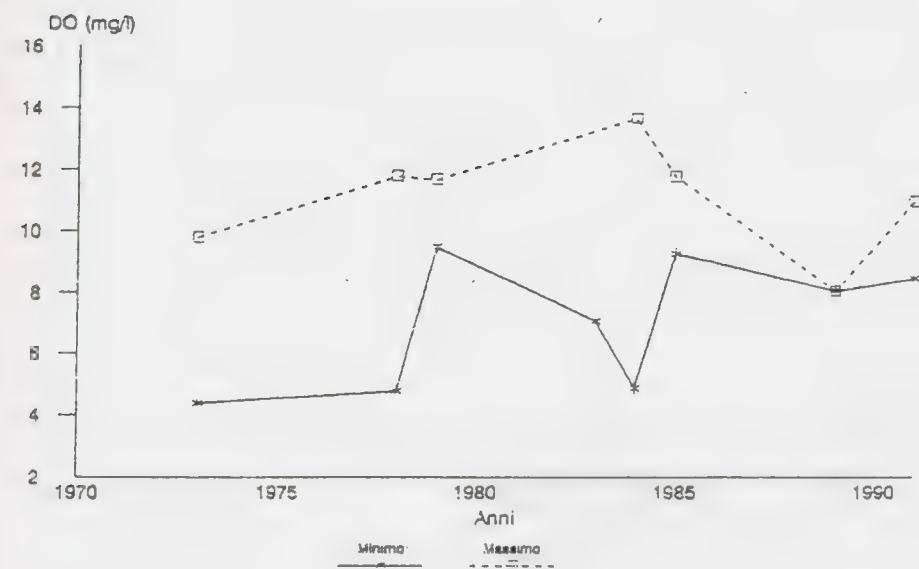


Figura 8 - Valori minimo e massimo annuale di ossigeno disciolto (da: GENON, GOLZIO & MARCHESE, 1991).

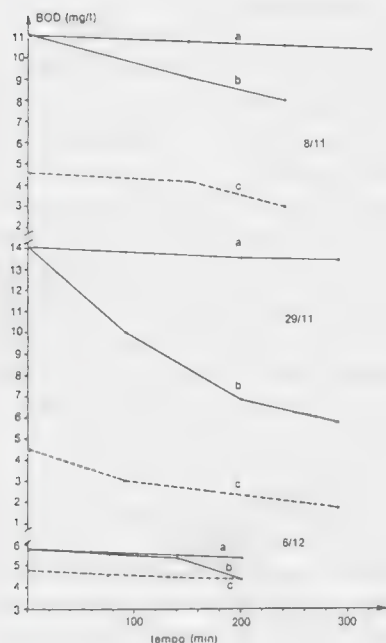


Figura 11 - Influenza della sedimentazione sulla rimozione del BOD: a) curva del BOD dai dati respirometrici; b) BOD riscontrato ai vari campionamenti; c) BOD riscontrato dopo allontanamento del sedimento (da: GENON, 1985).

Tabella 4 - Metalli pesanti dosati nei sedimenti del Po - concentrazioni riscontrate minima (C_{min}) e massima (C_{max}) in mg/kg (da: SILANO, 1992).

metallo	C_{min}	C_{max}
Cd	0.8	2.0
Co	12.0	18.0
Cr	34.0	85.0
Cu	64.0	69.0
Hg	0.3	0.5
Mn	625.0	900.0
Ni	62.0	96.0
Pb	31.0	74.0
Ti	35.0	114.0
V	17.0	22.0
Zn	186.0	237.0

4. La vulnerabilità dell'acquifero all'inquinamento

A fronte di afflussi pari a 15.1 Gm^3 , 8.6 Gm^3 defluiscono direttamente. Il potenziale dell'acquifero complesso connesso con il bacino idrografico è stimato in 6.6 Gm^3 , l'80% del quale viene sfruttato (ed in diverse zone sovrasfruttato) mediante pozzi.

La difesa dall'inquinamento di questa risorsa di basilare importanza socio-economica deve necessariamente partire da valutazioni che portino ad interventi strutturali e non-strutturali di prevenzione passando attraverso un processo di previsione. Alla base della previsione, quando si opera su ampi spazi di territorio, c'è la valutazione per aree elementari della vulnerabilità dell'acquifero all'inquinamento, cioè *la suscettibilità specifica del sistema acquifero nelle sue diverse parti componenti e nelle diverse situazioni geometriche e idrodinamiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido o idroveicolato, tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea, nello spazio e nel tempo* (CIVITA, 1987).

I metodi di valutazione della vulnerabilità sono molteplici (CIVITA, 1994). Per la Pianura Padana (GIULIANO & *al.*, 1992), è stato usato come approccio preliminare un metodo parametrico avanzato (DRASTIC - ALLER & *al.*, 1987) che utilizza punteggi e pesi su 7 diversi parametri idrogeologici:

- la soggiacenza del livello piezometrico;
- la ricarica attiva complessiva;
- le caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero;
- la tipologia (e quindi la capacità di depurazione) del suolo;
- l'acclività della superficie topografica;
- l'azione di depurazione dell'insaturo;
- la conducibilità idraulica dell'acquifero.

DRASTIC è stato utilizzato all'interno di un Geographical Information System (GIS) allo scopo di territorializzare le informazioni ed ottenere una cartografia a media scala della vulnerabilità per classi. Da tale cartografia è stato tratto lo schema di distribuzione riportato in fig. 12 che può essere utilizzato per descrivere la situazione nelle grandi linee ed a livello orientativo.

Iniziando dal settore occidentale della pianura, si nota come gran parte della zona tra Cuneo e Torino sia caratterizzata da elevata vulnerabilità. Da elevata a media è la valutazione ottenuta per la pianura alessandrina, dominata dalla Val Bormida, una delle aree dichiarate ad elevato rischio di crisi ambientale per inquinamento idrico.

Procedendo lungo l'asta del Po, si identifica una vasta area che comprende le parti alte delle conoidi dei principali tributari di sinistra,



Figura 12 - Suddivisione schematica dell'area di pianura del bacino padano in zone omogenee per grado di vulnerabilità dell'acquifero all'inquinamento. 1 = vulnerabilità da elevata a molto elevata; 2 = vulnerabilità media; 3 = vulnerabilità da bassa a molto bassa; 4 = isopiezometriche medie.

dalla Dora Baltea all'Oglio che, parimenti, viene classificata a vulnerabilità elevata. Si tratta delle zone ove, in assoluto, si genera la massima parte della ricarica attiva dell'acquifero, privo di protezione e direttamente connesso con i corsi d'acqua. In quest'area ricadono anche le zone risicole del Vercellese-Novarese-Lomellina ove all'irrigazione per sommersione fa riscontro il notevole impiego di fitofarmaci; nonché l'area ad elevato rischio di crisi ambientale del Lambro-Seveso-Olona per la quale si calcola un impatto sul sistema idrico di quasi 7000 AE/km².

Procedendo in sinistra Po, si identifica una vasta area a vulnerabilità media-elevata passante a medio-bassa nel tratto terminale ove il fiume è pensile e, quindi, in condizione di alimentare l'acquifero soggiacente.

In destra Po, a valle della confluenza del T. Scrivia (nella valle del quale sono state rinvenute numerose discariche abusive di rifiuti tossici e nocivi) si identificano zone a vulnerabilità medio-alta in corrispondenza dell'Oltrepo Pavese e delle conoidi dei fiumi emiliani. Quest'ultima area, compresa tra il Taro ed il Panaro, è anch'essa dichiarata ad elevato rischio di crisi ambientale per la pressione sul sistema idrico di circa 4000 AE/km², in gran parte dovuta al gran numero di impianti zootecnici, allo spandimento di liquami che ne consegue, nonché a nuclei industriali con attività a forte impatto inquinante.

Il tratto terminale comprende altre due aree dichiarate ad elevato rischio di crisi ambientale: il Polesine e l'area di Burana-Po di Volano. Questa volta si tratta di zone che subiscono l'impatto su un delicato sistema idrico in quanto dominate da vaste aree con insediamenti civili, industriali e agro-zootecnici produttori di inquinamento. In questa zona, comunque, la vulnerabilità dell'acquifero è mediamente bassa e la qualità naturale delle acque sotterranee risulta di per sé molto scadente.

5. Conclusioni

Il giudizio attualmente formulabile sulla qualità delle acque del fiume risulta, nel complesso, sostanzialmente non negativo, tenendo conto degli interventi di risanamento già effettuati (è tuttavia da osservare da un lato che essi daranno i loro frutti solo a tempi lunghi, dall'altro che il risanamento non è stato effettuato in modo omogeneo su tutta l'asta fluviale), della presenza di fenomeni naturali di mitigazione, della distribuzione localizzata dei carichi inquinanti residui. Il carico di sostanze organiche è diminuito dal 1980 al 1985 di oltre il 29% e parimenti il carico di composti del fosforo, mentre è aumentato note-

volmente il carico di composti azotati e si riscontra una permanenza di metalli pesanti.

Sono presenti meccanismi naturali di mitigazione i quali tuttavia possono provocare fenomeni da un lato di accumulo sul fondo, dall'altro di anossia.

Le ripercussioni sulla qualità delle acque sotterranee sono già rimarchevoli, come mostrano molte recenti indagini approfondite, prima tra tutte quella condotta dall'Istituto Superiore di Sanità (FUNARI & *al.*, 1991). La cartografia della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento, abbondantemente sperimentata negli ultimi anni nell'ambito dei programmi di ricerca del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (CNR) diviene, dunque, sempre più uno strumento di piano di grande utilità per mirare gli interventi di risanamento delle acque superficiali, di mitigazione dell'inquinamento e a protezione delle acque sotterranee e per stabilirne in modo oculato la priorità.

BIBLIOGRAFIA

- ALLER L., BENNET T., LEHR J.H., PETTY R.J. & HACKETT G. (1987), *DRASTIC: A standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings*. NWWA/EPA Ser., EPA 600/2-87-035, 455 pp., 11 carte.
- CIVITA M. (1987), *La previsione e la prevenzione del rischio d'inquinamento delle acque sotterranee a livello regionale mediante le Carte di Vulnerabilità*. Atti Conv. «Inquinamento delle Acque Sotterranee: Previsione e Prevenzione», Mantova, 9-17.
- CIVITA M. (1989), *Problemi connessi con il corretto sfruttamento e la protezione delle risorse idriche sotterranee in Italia*. Atti Congr. Int. Geoingegneria «Sottosuolo», 3, Torino, 1287-1306.
- CIVITA M. (1990a), *La valutazione della vulnerabilità degli acquiferi*. Atti 1° Conv. Naz. «Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee: Metodologie, Tecnologie e Obiettivi», 3, Marano sul Panaro, 39-86.
- CIVITA M. (1990b), *The proper exploitation and protection of groundwater resources in Italy: identification of main problems and operative strategy*. «H₂O», Coll. Europ. La Gestion de l'eau, Paris - La Villette, Comp. Pap., 43-52.
- CIVITA M. (1992a), *Protezione dall'inquinamento e nuove prospettive di pianificazione delle risorse idriche destinate al consumo umano*. Atti Acc. Scienze di Torino, suppl. 127 (1993), 33-62.

- CIVITA M. (1992b), *Vulnerabilità delle risorse idriche e progetti normativi connessi*. Atti Conv. «Acque per il Consumo Umano Problemi relativi alla risorsa idrica alla luce del d.p.r. 236/88», Reggio Emilia, 187-208.
- CIVITA M. (1993), *Ground water vulnerability maps: A review*. Proc. IX Symp. Pesticide Chemistry «Mobility and Degradation of Xenobiotics», Piacenza, 587-631.
- CIVITA M. (1994), *Le Carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: Teoria & Pratica*. Pitagora Editrice Bologna, 325 pp.
- CIVITA M. (in stampa), *Analisi monitoraggio e prevenzione del rischio di inquinamento delle risorse idriche sotterranee prodotto da fattori antropici*. Atti 4° Conv. Int. di Geoingegneria «Difesa e Valorizzazione del Suolo e degli Acquiferi», 3, Torino 10-11/03/1994.
- CIVITA M., DAL PRÀ A., FRANCANI V., GIULIANO G., OLIVERO G., PELLEGRINI M. & ZAVATTI A. (1993), *Proposta di classificazione sintetica e mappatura della qualità di base delle acque sotterranee*. Inquinamento, 35, 12, 8-17.
- CIVITA M., GIULIANO G. & PELLEGRINI M. (1993), *Acquifer vulnerability and groundwater resource management in the Po and Venetian Plain (Northern Italy)*. Atti Confer. Int. «Environmental Management. Geo-water & Engineering Aspect», Wollongong, New South Wales, Australia, 125-130.
- CIVITA M., GIULIANO G., PELLEGRINI M. & ZAVATTI A. (1987), *Examples of groundwater pollution and vulnerability in the Po Valley (Italy)*. Proc. Int. Conf. on the «Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants», Noordwijk aan Zee, 347-353.
- CIVITA M., GIULIANO G. & ZAVATTI A. (1987), *Protezione degli acquiferi e azioni di risanamento. Alcune esperienze italiane*. Atti Conv. Naz. «Le Scienze della Terra nella Pianificazione Territoriale», Mem. Soc. Geol. It., 37 (1987), 311-331.
- FUNARI E., BASTONE A., BOTTONI P., CARBONE S., DONATI L., MARCELLO I., CAMONI I. & GIULIANO G. (1991), *Il rischio della contaminazione delle risorse idropotabili da erbicidi*. ISTISAN, 91/2, 232 pp. (con relat. bibliografia).
- GENON G. (1978), *Studio dello stato d'inquinamento e delle capacità autodepurative del Fiume Po nelle vicinanze di Torino*. Inquinamento, 20, 5, 29-35.
- GENON G. & MARCHESI F. (1985), *Evoluzione dello stato di inquinamento sul Fiume Po presso Torino*. Inquinamento, 27, 7-8, 55-61.
- GENON G. & MARCHESI F. (1986), *Definizione del bilancio di ossigeno sul Po in periodo estivo*. Inquinamento, 28, 7-8, 38-43.
- GENON G., GOLZIO L. & MARCHESI F. (1991), *Modificazione dell'inquinamento del Fiume Po presso Torino in relazione alle opere di disinquinamento: 1970-1990*. Congresso ANDIS, 253-264, 11-13/12/1991, Roma.

- GIULIANO G., MARI G.M. & CAVALLIN A. (1992), *Research on groundwater vulnerability and risk of pollution in the Po-Veneto-Fiuli Basin. Preliminary findings*. Serv. Geol. Nazionale, Miscellanea, **4**, 113-126.
- IRSA-CNR (1977), *Indagine sulla qualità delle acque del Fiume Po*. Milano.
- IRSA-CNR (1991), *La qualità delle acque del Fiume Po negli anni 90*. Roma.
- MARCHESE F., GOLZIO L. & GENON G. (1993), *Sostanze organiche e fattori di deossigenazione nel Po a Torino*. Ingegneria Ambientale, **22**, 11-12, 622-634.
- MINISTERO DELL'AMBIENTE (1989), *Relazione sullo stato dell'Ambiente*. Istituto Polig. e Zecca dello Stato, 487 pp., 5 carte.
- PRATI GAGLIA M.P. & GENON G. (1980), *Influenza degli scarichi della città di Torino sulla qualità delle acque e possibilità di disinquinamento*. Inquinamento, **22**, 1, 21-29.
- SILANO V. (1992), *Acque da salvare*. Quad. Tecn. Prot. Amb., **17**, Pitagora Editrice Bologna, 388, 1 tav.

Le tecniche nucleari negli studi di Idrogeologia e di salvaguardia delle risorse idriche

Gian Maria ZUPPI(*)

Abstract. - *Classically groundwater flow patterns are deduced from investigation: for instance, flow directions are deduced from water potentials; while transmissivities are calculated from pumping test data.*

In all hydrogeological studies the basic assumption is that water continuity is respected within the aquifer but no direct identifications can be obtained on the water itself.

Isotope hydrology will partially fill the gap by providing information on type, origin and age of the water.

For the purpose, constitutive isotopes of water molecules and of main dissolved compounds are well suited since they represent the best conceivable tracers.

The basic principles of each application are described, followed by examples of case studies.

This method of treatment should enable environmental scientists and hydrologists to identify and assess the possible use of isotope techniques to their particular problems, although they have no prior experience in the use of isotope techniques.

1. INTRODUZIONE

Da più di tre decenni le tecniche nucleari vengono normalmente impiegate dalle comunità scientifiche internazionali negli studi connessi alla definizione delle zone di deflusso preferenziali e dei principali parametri idrodinamici, ed alla analisi genetica ed evolutiva degli inquinamenti.

L'Italia al contrario, pur avendo iniziato per prima ad applicare il nucleare alle Scienze della Terra (basta pensare alla Scuola Pisana diretta dal prof. E. TONGIORGI), ha via via perso lo smalto e la forza, tanto da essere abbondantemente superata in questo campo anche da Paesi con tradizioni scientifiche nettamente inferiori.

(*) straordinario di Idrogeologia, Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Torino; Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie Isotopique, Université Paris Sud, Orsay, France.

Le tecniche nucleari più comunemente applicate all'Idrogeologia fanno ricorso all'utilizzo degli isotopi ambientali, ovvero di quegli isotopi presenti naturalmente in ogni punto ed in ogni momento del ciclo dell'acqua. In altre parole l'osservazione del tracciante naturale di un mezzo acquifero o acquiclude, consente di acquisire informazioni quantitative sui principali parametri idrodinamici.

Più raramente, a causa delle rigide normative italiane sull'impiego di traccianti nucleari, si ricorre agli isotopi artificiali, cioè a quegli isotopi creati *ad hoc* dall'uomo per descrivere e valutare, con estremo dettaglio, tutti i fenomeni idrodispersivi che hanno luogo negli acquiferi a scala compresa tra il metro e l'ettometro.

Gli isotopi, o elementi che occupano lo «stesso posto», vengono classificati sulla base delle caratteristiche del nucleo in stabili e radioattivi. Nel primo caso vengono conservate inalterate nel tempo le proprietà di massa atomica; nel secondo caso la massa tende a ridursi per emissione di particelle α o β . Questa caratteristica di instabilità temporale consente di utilizzare i nuclidi come cronometri dei diversi sistemi in esame.

Comunque sia, naturali od artificiali, stabili o radioattivi, gli isotopi permettono di seguire e comprendere tutti quei fenomeni chimico-fisici che possono intervenire a modificare lo stato di equilibrio della molecola d'acqua nel corso della sua circolazione superficiale o sotterranea.

Per questo motivo è preferibile lavorare sempre su campioni provenienti da pozzi monofiltro o da opere interessanti una sola frattura e quindi riferibili ad un ben determinato livello acquifero o ad una ben definita via di circolazione.

Inoltre il maggior numero di informazioni lo si ottiene quando tutti i punti d'accesso al corpo idrico sono allineati lungo direttrici geometricamente precise (assi di drenaggio), e cioè lungo le direzioni in cui il fluido in movimento ubbidisce ai meccanismi della aduzione, della diffusione e della dispersione meccanica.

Ecco quindi che l'Idrologia isotopica, così come l'Idrogeochimica, non può assumere nessuna valenza «quantitativa» se non è intimamente accoppiata alle leggi del trasporto in soluzione, cioè, se essa non risulta definita all'interno della nozione «flusso». In altre parole la cronaca dei processi chimici o chimico-fisici, sia essi antropogenici, cosmogenici o geogenici che avvengono sulla superficie o all'interno della terra, non è altro che uno degli aspetti più evoluti, ma pur sempre tardivi, del naturalismo scientifico.

2. CENNI DI IDROGEOLOGIA ISOTOPICA

In natura ogni isotopo, solo e nell'insieme di un composto, è sottoposto a condizioni di equilibrio strettamente controllate dall'ambiente in cui esso si viene a trovare. L'evoluzione di questo equilibrio avviene solamente mediante reazioni chimiche ed isotopiche, reazioni che globalmente obbediscono alle stesse leggi, come ad esempio quella dell'azione di massa. Nonostante questa affinità l'equilibrio chimico è una condizione necessaria, ma non sufficiente per raggiungere ed instaurare un equilibrio isotopico. Infatti tutti gli scambi isotopici sono in funzione della cinetica di reazione e quindi termodipendenti: la cinetica perciò agisce in maniera differente su ogni isotopo dello stesso atomo. Ne consegue che gli scambi possono avvenire senza alcun cambio dei rapporti isotopici naturali e il delta (δ), cioè la differenza in parti per mille rispetto allo standard internazionale di riferimento:

$$\delta = \left(\frac{R_{\text{campione}}}{R_{\text{standard}}} - 1 \right) \cdot 1000$$

dove R è il rapporto tra l'isotopo pesante e l'isotopo leggero.

Gli standard di riferimento sono lo SMOW (Standard Mean Ocean Water) per il deuterio (^2H) e per l'ossigeno-18 (^{18}O), il PDB (Belemnite della formazione Pee Dee) per il carbonio-13 (^{13}C), il CD (Troilite di Canon Diablo) per lo zolfo-34 (^{34}S) e l'azoto dell'aria per l'azoto-15 (^{15}N).

I tenori di tritio, isotopo radioattivo dell'idrogeno, sono espressi in unità tritio che corrisponde ad un atomo di tritio (^3H) in 10^{18} atomi di idrogeno banale (^1H).

Le attività in ^{14}C sono definite rispetto al valore detto «moderno»; questo valore rappresenta l'attività della CO_2 atmosferica privato della contaminazione nucleare da una parte e dall'inquinamento dei residui di combustione dell'era industriale (effetto Suess) dall'altra. Per convenzione si adotta il 1950 come data di riferimento, anno in cui i due effetti sopra descritti potevano essere considerati ancora trascurabili.

Gli isotopi radioattivi artificialmente immessi in circolazione vengono sempre espressi in attività relativa.

3. LE APPLICAZIONI

3.1. Le precipitazioni

3.1.1. *Gli isotopi dell'ossigeno e dell'idrogeno*

La conoscenza della variazione degli isotopi dell'acqua in funzione della temperatura è essenziale in tutti gli studi idrogeologici, ambientali e paleoambientali. Alla base di tutte le variazioni isotopiche della molecola d'acqua risiede il frazionamento isotopico che dipende dalla temperatura e dalla umidità relativa: in altri termini esso è strettamente governato dalla tensione di vapore saturante. Ne consegue che il frazionamento, paragonabile in condizioni di equilibrio ad una distillazione frazionata, è regolato dalla legge di Rayleigh. Appare quindi evidente che la composizione isotopica nelle precipitazioni dipenda dalla temperatura a cui avviene il passaggio dalla fase vapore alla fase liquida. A scala mondiale si rileva una buona correlazione lineare tra i tenori medi ponderati in isotopi pesanti e la temperatura annuale al livello del suolo

$$\delta \text{ }^2\text{H} = 5,6 \text{ t} - 100$$

$$\delta \text{ }^{18}\text{O} = 0,69 - 13,6$$

Sulla base di quanto detto è possibile seguire la variazione degli isotopi in funzione di tutti i parametri geografici termodipendenti, quali l'altitudine, la continentabilità, la latitudine e la stagione. La relazione di termodipendenza della composizione isotopica risulta valida anche quando le molecole d'acqua sono rimaste per molto tempo intrappolate all'interno di una struttura biologica, minerale o geologica. Il loro completo isolamento da ogni contesto esterno non ha concesso alle molecole di adattarsi alle nuove situazioni, permettendo perciò di decodificare, al giorno d'oggi, le variazioni climatiche ed ambientali del passato, in esse registrate.

L'informazione più banale che gli isotopi dell'acqua concedono agli idrogeologi è quella relativa alla valutazione della quota isotopica di ricarica degli acquiferi sotto osservazione.

Il principio è molto semplice:

$$H_f = h + \frac{\delta_f - \delta_p}{K}$$

ove H_r è l'altitudine di ricarica, h ed δ_p sono rispettivamente l'altitudine sul livello del mare e la composizione isotopica del punto d'acqua, δ_f è la composizione isotopica media delle precipitazioni all'altezza del punto d'acqua e K è il gradiente isotopico in altitudine sperimentale misurato nella stessa regione o in zone geograficamente simili.

Nel sistema Alpi-Appennino numerosi sono i gradienti isotopici calcolati a scala annuale da vari autori. Tuttavia le condizioni climatiche sensibilmente dissimili tra i vari settori della Pianura Padana governano la variabilità del gradiente; esso è compreso tra $-4,2 \delta$ e $-1,2 \delta$ per mille metri di altitudine nel caso dell'ossigeno -18 , a causa anche delle origini diverse, atlantica o mediterranea, delle masse d'aria umida circolanti sull'Italia Settentrionale.

L'ordinata all'origine delle rette correlanti l'altitudine e la composizione isotopica delle precipitazioni varia soprattutto in funzione della latitudine: da $-6,0\text{‰}$ in Romagna, a $-8,2\text{‰}$ in Piemonte, a $-8,6\text{‰}$ in Valle d'Aosta, a $-9,2$ a Bolzano.

Il gradiente in altitudine, tuttavia, può risultare nullo e quindi non sfruttabile per gli idrogeologi. Questo fenomeno, chiamato «effetto ombra», si ha a causa del diverso raffreddamento cui sono sottoposte le masse d'aria sature nell'attraversare la catena alpina. In genere esso si osserva in Valle d'Aosta e nel Canton Ticino, soprattutto nel periodo invernale (Dicembre-Febbraio), quando buona parte delle precipitazioni arrivano sul Bacino Padano all'Atlantico.

Anche il tritio, isotopo intimo della molecola dell'acqua e radioattivo, riesce a sottolineare l'arrivo delle masse d'aria umida dall'Atlantico. Il passaggio di queste masse sopra il continente europeo è marcato dall'aumento di tritio legato all'industria elettronica; la quale fa normale ricorso a prodotti fluorescenti. È facile quindi osservare un picco del tritio, specie durante i primi mesi dell'anno, che generalmente decresce dal Jura ad Aosta, fino ad annullarsi sopra la Pianura Padana.

3.1.2. *Gli isotopi dei composti in soluzione*

Anche la chimica delle precipitazioni è correlata all'origine delle masse di vapore: essa infatti viene modificata durante la circolazione sopra i continenti da apporti chiaramente antropici, anche se il tenore totale dei sali disciolti tende ad appiattirsi su di un valore costante. È logico quindi concludere che i vari sali ereditati dall'acqua marina vengono persi durante il percorso e sostituiti da ioni continentali. L'analisi isotopica dei solfati contenuti nelle precipitazioni atmosferiche permette di visualizzare questa sostituzione e di ipotizzare le varie sorgenti inquinanti.

Non molto numerosi risultano i lavori di questo tipo esistenti in letteratura (I.A.E.A., 1983).

Le esperienze padane hanno messo in risalto un generale rapido decrescere, con l'altitudine, delle specie di origine continentale nelle precipitazioni primaverili a causa del maggior *wash out* dello zolfo antropico. Le masse d'aria stagnanti negli strati inferiori dell'atmosfera favoriscono la messa in soluzione della maggior parte dei composti inquinanti, riducendone quindi la loro diffusione verso l'alto, come avviene invece in autunno.

La differente diffusione in atmosfera di inquinanti segue cicli legati alle condizioni climatiche continentali cui si sovrappongono condizioni locali; tuttavia gli apporti antropici interessano solo parzialmente le quote superiori a 3000 m.

La conoscenza del ciclo dello zolfo in atmosfera trova una maggiore completezza nello studio della composizione isotopica che assumono elementi come il carbonio e l'azoto all'interno dell'atmosfera in fase liquida (precipitazioni) o gassosa.

L'analisi isotopica dei composti del trio C, S, N, memorizzati nei ghiacciai alpini permette di ricostruire lo stato di salute dell'atmosfera in un continente fortemente industrializzato. Si assiste infatti alla nascita di una nuova disciplina, la stratigrafia glaciologica, la quale permette di ricostruire i movimenti continentali delle masse d'aria antropizzata e la loro evoluzione.

È grazie alla tecnica isotopica che i paesi confinanti quantificano l'esportazione per via aerea dell'inquinamento industriale italiano (I.A.E.A. 1993) quando noi siamo ancora alle valutazioni qualitative di un bilancio import-export che ci è sicuramente sfavorevole.

Solo recentemente, sotto la spinta dell'«effetto serra», numerosi studi si sono interessati alla composizione isotopica dei composti gassosi del carbonio nell'atmosfera o imprigionati nelle bolle di ghiaccio al fine di definire le loro origini e sorgenti naturali o antropiche e di descrivere la eventuale evoluzione (I.A.E.A. 1993).

La conoscenza delle composizioni isotopiche atmosferiche, oltre a dare una mano agli idrogeologi, permette di definire quali siano le condizioni ottimali per difendere dagli apporti atmosferici chimicamente sempre troppo attivi, le opere d'arte, i piccoli laghi alpini e perialpini ed i suoli non ancora compromessi da una agricoltura forsennata.

3.2. Le acque superficiali

La variazione temporale degli isotopi intimi della molecola dell'acqua (^2H e ^{18}O) nel reticolato superficiale permette di separare le varie componenti dell'idrogramma unitario e quindi di definire le risposte dei grandi bacini imbriferi alle precipitazioni atmosferiche. Non si può scomporre un idrogramma di piena senza prendere in considerazione anche i contributi sotterranei: tra di essi lo scorrimento ipodermico assume il ruolo principale traducendo, con una risposta leggermente ritardata, l'impulso dell'evento meteorico. La scomposizione dell'idrogramma porta così a definire gli apporti ai corsi d'acqua di quelle sostanze rimaste intrappolate nei terreni tra due successivi episodi di piena e che talvolta possono essere non del tutto apprezzate dall'ambiente. Nel Bacino Rio Gallina (Provincia di Vercelli) sono stati usati l'ossigeno -18 e lo ione cloruro. In questo caso i tempi per raggiungere uno stato di equilibrio tra entrate ed uscite sono risultati diversi per i due traccianti. Infatti, ognuno di essi traduce una diversa storia idrologica vissuta dal bacino. Il cloruro dà un'idea dell'evoluzione delle acque meteoriche, specie all'interno della zona non satura, dal momento che esse devono lisciviare «reliquie» arricchitesi in cloruri, a seguito dei fenomeni di evapotraspirazione.

L'ossigeno-18 sembra marcare in maniera molto più sensibile, rispetto agli altri traccianti la meccanicità del fluido all'interno dei suoli e del substrato cristallino e la dinamica con cui le acque precedenti vengono espulse durante le precipitazioni. Tuttavia, l'andamento impulsionale dell'eliminazione delle acque dell'evento precedente da parte di quelle dell'evento successivo è evidente sia per il cloro sia per l'ossigeno-18 (ARATTANO M. & *al.*, in preparazione).

La variazione annuale dei nitrati in soluzione nelle acque del Fiume Scrivia a valle di Tortona (Alessandria) sembra essere sganciata dal contesto idrogeologico e dalla realtà agraria del territorio stesso. In realtà l'aumento dei nitrati in soluzione si ha prima delle piene primaverili come conseguenza ritardata degli apporti autunnali. La composizione isotopica dell'azoto-15 testimonia dell'arrivo in alveo di un'acqua che ha lisciviato suoli fertilizzati da composti chimici, i quali hanno subito una forte riduzione nel terreno prima di essere rimobilizzati dalle acque autunnali (ZUPPI G.M., dati non pubblicati).

La composizione isotopica del ^{13}C del carbonio inorganico a Palazzolo mostra valori costanti compresi tra -20‰ e -16‰ testimoniando dei continui apporti in soluzione di carbonio organico mentre, in accordo con le osservazioni di terreno, appare trascurabile il contributo di acque sotterranee ricche in carbonio minerale disciolto.

Occorre ricordare che, a pH prossimi alla neutralità, la maggior parte del C.I.T.D. è sotto forma di bicarbonato. Esso proviene dalla CO_2 atmosferica ($\delta^{13}\text{C} = -8\text{‰}$) e dalla CO_2 biogenica dei suoli ($\delta^{13}\text{C} = -25\text{‰}$) con una possibile componente di dissoluzione dei carbonati di origine generalmente marina ($\delta^{13}\text{C} = 0\text{‰}$). Da queste interazioni, e sotto il controllo di successivi frazionamenti isotopici tra le varie specie di C.I.T.D. il $\delta^{13}\text{C}$ può variare tra -22‰ (in zone prossime alla ricarica) a -1‰ (in falde con lungo tempo di transito). Al contrario, le acque dei canali irrigui delle colture risicole che alimentano il Fiume Marcova a Tricerro evidenziano in primavera valori molto più negativi, testimoniando di una origine chiaramente biologica. Il parallelo aumento dei nitrati in soluzione fa ritenere che si tratti di una lisciviazione, e conseguente asportazione, dei differenti prodotti distribuiti in questa stagione sulla superficie dei terreni. Si assiste in altre parole, ad un fenomeno contrario a quello che correntemente dà luogo alla sedimentazione organica nei laghi e bacini idrici. Il continuo movimento dell'acqua durante l'irrigazione, e quindi la continua ossigenazione del sistema, permette di portare facilmente in soluzione tutte le varie sostanze, riducendo quindi il loro movimento, attraverso la zona non satura, verso i corpi idrici sotterranei.

Il tritio del Fiume Po, invece di diminuire seguendo il normale ciclo atmosferico (I.A.E.A. 1992), si è sempre mantenuto, nell'ultimo decennio, su valori generalmente più elevati di quelli meteorici. Tale arricchimento può essere spiegato invocando un'origine naturale sotterranea od un'antropica superficiale. Nel primo caso, necessita che il Po drena costantemente le falde sotterranee, le quali veicolano acque più vecchie, e quindi con un contenuto in tritio superiore a quello delle precipitazioni. Questa ipotesi si scontra tuttavia con le conclusioni raggiunte mediante le misure piezometriche, mediante osservazioni geologiche e geomorfologiche e mediante analisi geochimiche del contenuto in ossigeno-18 ed in sali disciolti. La seconda ipotesi richiede una sorgente di radioattività più plausibile; sulla base di quanto si osserva nei vicini Paesi europei, essa deve essere ricercata nei rilasci di componenti luminescenti, direttamente od indirettamente, nelle acque del fiume. Questi rilasci provocano un sensibile aumento del tenore in tritio che possono raggiungere, in alcune acque reflue industriali, anche valori di 10 M Ci / l , pari a 350 Bq / kg . È a questa seconda origine che occorre indirizzare, nel prossimo futuro, una maggiore attenzione. Infatti tutte le discariche, anche di rifiuti urbani o di inerti, possono risultare radioattive a causa dell'accumulo delle componenti fluorescenti che formano i conforti cui si fa ricorso per una vita moderna benestante.

Lo stato di salute dei numerosi luoghi morenici che caratterizzano l'Italia Settentrionale (Avigliana, Viverone, Monticolo, etc.) è stato analizzato mediante gli isotopi ambientali.

È stato così possibile ottenere il tempo di residenza delle acque all'interno del bacino lacustre (sempre oltre i 5 anni), gli apporti delle acque (essenzialmente per scorrimento superficiale), le perdite principali (per evaporazione), l'origine delle principali sostanze disciolte (il carbonio-13 è essenzialmente legato all'attività biologica del lago, l'azoto-15 a quella vegetativa soprattutto delle sponde), il tasso di sedimentazione della materia organica (circa 2 mm per decennio) e la profondità raggiunta dal mescolamento completo delle acque durante i periodi di inversione termica (in genere 30-40 metri).

Le conclusioni raggiunte sui piccoli laghi morenici peripadani possono venire correttamente estrapolate per spiegare l'evoluzione dei depositi lacustri di altri laghi quaternari circumpadani oramai interrati. In altre parole l'attività umana non riesce ad alterare completamente il ciclo naturale di questi laghi, ciclo che è invece, la risultante di numerosi parametri climatologici e di conseguenza biologici ed idrologici.

3.3. La zona non satura

I segnali meteorici trovano nella zona non satura una sede preferenziale per disperdersi o, talvolta al contrario, per accoppiarsi. La dispersione e l'accorpamento dei segnali sono strettamente governati dall'andamento del potenziale idrico, dalla variazione dell'umidità volumetrica e dalla conducibilità idraulica. Il flusso idrico all'interno della zona non satura è quindi molto più complesso di quello della zona satura, per cui il trasporto di materia deve tener conto non solo della dispersione idrodinamica e delle reazioni chimico-fisiche ritardanti, ma anche del convettivo ad essi sovrainposto.

Le tecniche nucleari possono definire tutti i vari momenti fisici del trasporto ed allo stesso tempo descrivere i vari stati reazionali che hanno luogo in questa zona.

Il primo momento nello studio della zona non satura è l'analisi dell'evoluzione isotopica ossigeno-18 e deuterio nell'acqua interstiziale, soprattutto quando le coppe porose comunemente utilizzate dagli agronomi raggiungono il loro limite di funzionamento a causa dello scarso contenuto di acqua nel suolo. In questo caso le sole acque estratte sottovuoto da campioni di terreno permettono di valutare i differenti processi evapotraspirativi in atto nei livelli più superficiali e definire il tasso di risalita per capillarità delle acque di falda (ADORNI BRACCESI A., 1994).

Contemporaneamente l'analisi isotopica del carbonio-13 nella CO_2 libera all'interno del suolo porta a valutare le reazioni biogeochimiche interessanti la materia organica o le molecole complesse di origine industriale che hanno luogo nei primi livelli del suolo (SACCHI E., 1992).

Una volta conosciute le composizioni isotopiche dei segnali d'ingresso (acque meteoriche ed acque superficiali), delle acque interstiziali e della CO_2 endogena, si possono definire i rapporti, a scala annuale, tra evapotraspirazione e ricarica e ricostruire tutti i processi biogeochimici all'interno della «scatola nera» della zona non satura.

Partendo dalla composizione isotopica delle acque interstiziali è plausibile ritenere che in ogni punto della Pianura Padana piemontese il rapporto evapotraspirazione-infiltrazione (ETR-I), calcolato mediante la coppia deuterio-ossigeno-18 varia a 20 cm di profondità tra 75% e 80% in funzione anche delle caratteristiche chimiche e fisiche dei terreni. Valori simili del rapporto ETR-I si possono ottenere dalla composizione isotopica dell'acqua di costituzione delle foglie (ZUPPI G.M., dati inediti).

Il confronto tra la composizione isotopica delle fasi minerali più solubili (carbonati, solfati e nitrati) presenti nei suoli evidenzia i diversi momenti d'infiltrazione e le diverse tappe reazionali a cui questi ioni vengono sottoposti nella zona non satura.

Nei livelli più superficiali del suolo le specie carbonatiche sono sempre prossime all'equilibrio con la CO_2 , e quindi la mineralizzazione in carbonio si produce sempre in un sistema aperto alla stessa, a causa della forte attività della biosfera. Per tale motivo la riserva della CO_2 all'interno dei primi livelli può essere considerata infinita, non in termini di volume (pCO_2), ma in termine di riserva a forte tasso di rinnovamento. Questa frenetica attività biogeochimica porta come conseguenza ad ignorare tutte le molecole complesse a base di carbonio (pesticidi, erbicidi etc...). Nei livelli più profondi, al contrario, si osserva una netta diminuzione dei sali presenti nel suolo, cui si aggiunge una ridotta presenza della CO_2 , a causa dell'annullamento di ogni attività biologica. In questo caso, la conseguenza diretta della chiusura del sistema è il rapido decadimento delle molecole complesse ed un sensibile impoverimento in carbonio-13.

I fertilizzanti inorganici ampiamente distribuiti durante la primavera giocano perfettamente il ruolo di «segnale d'ingresso» con una composizione isotopica media di 0,5‰ e +1,5‰, rispettivamente per lo zolfo-34 e l'azoto-15. Questo segnale si ritrova senza frazionamento sia nei canali di irrigazione durante il periodo che segue la distribuzione sul terreno (Maggio-Giugno), sia ad una profondità di 30 cm circa, nel successivo mese di Gennaio. Appare quindi evidente che una certa

quantità di fertilizzante venga asportata dallo scorrimento superficiale (intendendo con questo termine sia *run-off*, sia *hypodermic run-off*). La restante parte del fertilizzante viene veicolata all'interno del suolo con l'acqua che va a ricostituire il patrimonio di ritenzione perso per evapotraspirazione; l'acqua arriva a percorrere circa 40 cm all'anno, da cui si ottiene una velocità di infiltrazione di circa 10^{-7} m/s. Questa velocità, assimilabile alla permeabilità verticale, testimonia della ridotta capacità dei suoi vegetali intensamente coltivati a farsi penetrare dall'acqua di irrigazione. Appare evidente inoltre che il trasporto verso il basso del segnale di «input» segue da vicino il modello detto «di pistone», cercando in altri termini, di mantenere la massa veicolata costante nel tempo e nello spazio.

Negli strati di suolo più superficiali, la forte attività biochimica porta ad un graduale arricchimento del segnale isotopico a causa del selettivo frazionamento da parte degli organismi che assimilano di preferenza l'isotopo più leggero, e di conseguenza anche più mobile. Questa riserva viene rimobilizzata la successiva primavera, andando a diluire in parte, e quindi a mascherare, il segnale precedente, come si osserva per le profondità superiori ai 40 cm. In questo caso, la composizione chimica ed isotopica tende ad uniformarsi sotto la spinta dell'effetto primavera, che si traduce da una parte con una nuova spinta verso il basso, e dall'altra con una risalita della frangia capillare a causa dell'innalzamento della falda freatica. Il limite delle rispettive zone d'influenza è da ascrivere ad una profondità di un metro circa. Infatti a questa profondità la composizione isotopica dello zolfo raggiunge il valore di +15‰, del tutto simile a quello della falda influenzata, soprattutto dagli apporti messiniani (+20‰), che, in seguito alle reazioni ossido-riduttive di origine biochimica risultano impoveriti in isotopo pesante.

Anche i nitrati assumono, a partire da 90 cm di profondità, la composizione isotopica dell'acqua di falda, testimoniando del fatto che essi provengono essenzialmente dall'ossidazione di materia organica sviluppatasi in suoli fortemente fertilizzanti con concimi sintetici.

La ridotta velocità di infiltrazione, permettendo di valutare in tre cicli stagionali l'arrivo in falda del segnale superficiale, testimonia della scarsa facilità con cui tutti i composti organici distribuiti sul terreno insieme ai fertilizzanti (pesticidi, erbicidi, etc...) e poco stabili di fronte a reazioni biochimiche, riescano ad arrivare in falda. Se ne conclude che la presenza eventuale di altri inquinanti vada ricercata negli apporti laterali (scambi reticolato superficiale-falda) o in perdite locali lungo altre vie preferenziali (pozzi mal costruiti o mal intrattenuti).

Come noto, tutte le sostanze presenti all'interno dei suoli vengono

facilmente assimilate dalla vegetazione durante il normale ciclo biologico. L'acqua, mediante il sistema radicale, viene pompata fino alle foglie. Ne deriva che, dal punto di vista isotopico, l'acqua dei sistemi vegetativi debba riflettere la stessa composizione dell'acqua presente nella zona non satura, corretta per il frazionamento da essa subito durante l'assimilazione. Questo frazionamento è del tutto simile a quello subito da una normale massa d'acqua sottoposta ad evaporazione.

Su questo principio elementare si basa il normale controllo di qualità e di origine delle diverse bevande. In altre parole ogni prodotto della terra deve riflettere la composizione isotopica dell'acqua presente nel suolo della sua coltura di origine. Un succo di agrumi o un vino con composizioni isotopiche molto negative ($\delta^2\text{H} < -40\text{‰}$) non possono essere considerati che la risultante di tagli con acqua della normale rete di distribuzione.

3.4. Le acque sotterranee

3.4.1. *Gli isotopi della molecola d'acqua*

Lo studio mediante la variazione areale del contenuto in ossigeno-18 delle acque padane ha permesso di chiarire come gli acquiferi superficiali presentino una ricarica locale ridotta; al contrario, risulta molto più importante la ricarica laterale dal reticolato idrografico e dai massicci circumpadani permeabili per fratturazione.

L'acquiclude di tutto il sistema idrogeologico padano è rappresentato dalle salamoie (brines) plioceniche, le quali si accompagnano di norma ai campi metaniferi oppure marciano in maniera indelebile i livelli piacentiani. Esse vengono parzialmente rimobilizzate dalle vecchie acque «padane» o «eridane» e portate alla superficie sotto forma di acque salate. Una conseguenza di questa rimobilizzazione è la nascita di un fenomeno di inquinamento naturale che porta all'aumento della concentrazione di elementi come l'arsenico, il manganese ed il selenio nelle riserve più superficiali. Questa situazione appare più evidente soprattutto in coincidenza dei pozzi ad uso idropotabile o industriale di grande profondità: alla perturbazione indotta dai forti emungimenti si associa il movimento naturale, benché lento, delle acque salate, come si osserva all'interno della Pianura Padana, nel Ravennate e nella Lomellina; situazioni analoghe sono note in tutti i bacini pliocenici circummediterranei (Rodano, Danubio, etc...).

Lo scambio acque superficiali-acque sotterranee permette di vedere

e di seguire da una parte la ricarica dei grandi corsi d'acqua alpini, che segue come vie preferenziali i vecchi paleocorsi abbandonati (come per esempio lo scaricatore morenico della Dora Baltea, sotto il Lago di Viverone, il paleo-Tanaro a Poirino (Torino), o il più famoso canale Parma-Mare Adriatico), dall'altra di evidenziare e talvolta anche quantificare, l'alimentazione della parte più epidermica dell'acquifero padano. Per esempio, in provincia di Vercelli, nel settore compreso tra il Fiume Po ed il bordo esterno dell'Appennino sepolto, si distinguono tre diversi tipi di apporti: il primo, di tipo alpino, legato alla Dora Baltea, il secondo, di tipo locale, dall'alto morfo-strutturale del Montarolo, per ricarica diretta, il terzo proveniente dal substrato terziario della collina Torino-Casale.

A Nord di Milano, l'ossigeno-18 mette in evidenza mescolamenti sotterranei talora anche importanti nelle acque emunte. Da una parte, l'isotopo traduce una origine chiaramente alpina (Ticino-Adda) e dall'altra un'origine prealpina (Olona-Lambro-Seveso). I rapporti di mescolamento sono essenzialmente dovuti ai tassi di emungimento e quindi al diverso grado di perturbazione indotta alle riserve sotterranee (HYDROTER, 1993). Diversa è la risposta degli acquiferi centro-padani (Cremona-Mantova), dal momento che il reticolato idrografico presenta un¹⁸O già del tutto tamponato. In questo caso si può osservare una vera e propria stratificazione del segnale isotopico strettamente legata all'età delle acque.

Anche la fascia periappenninica (Emilia Romagna) è caratterizzata da una grande uniformità del segnale isotopico. Le sole variazioni sono strettamente legate alle conoidi all'interno delle quali l'apporto appenninico si disperde rapidamente.

3.4.2. Carbonio-13

Il carbonio-13, isotopo stabile, testimonia dell'ambiente di formazione e del grado di evoluzione biogeochimica dei composti del carbonio. Per convenzione, si considera che la composizione isotopica media della CO₂ all'interno della zona non satura sia uguale ad un valore di -25‰. Tale termine, generalmente considerato di *input* nell'evoluzione delle acque sotterranee, subisce variazioni sensibilissime in funzione del materiale con cui l'acqua sotterranea viene in contatto e degli ulteriori contributi che la falda riceve.

Per esempio, una matrice mineralogica dell'acquifero formata da carbonati marini ha un $\delta^{13}\text{C}$ compreso tra -2‰ e +2‰. Ne deriva che un'acqua non scambiata avrà un $\delta^{13}\text{C}$ molto prossimo a quello della CO₂ del suolo, cioè assai negativo. Un'acqua, al contrario, che abbia

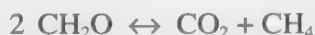
subito numerosi scambi con i carbonati di genesi marina avrà un $\delta^{13}\text{C}$ a tendenza più positiva. Tuttavia questa evoluzione geochimica ed isotopica del carbonio è molto semplicistica ed è valida solamente nel caso di un acquifero litologicamente omogeneo, in cui non compaiono altre possibili sorgenti di carbonio disciolto.

Il contenuto in ^{13}C del carbonio totale disciolto (TDC) dipende dal bilancio isotopico di massa del carbonio tra:

- apporto (soprattutto costituito da CO_2 atmosferica, CO_2 biogenica ed HCO_3 prodotto dalla soluzione dei carbonati)
- perdita (cristallizzazione e precipitazione di carbonato, consumo di CO_2 , sia nella zona non satura, durante i processi di fotosintesi, sia in quella satura, durante i fenomeni di dissoluzione).

Ogni chiusura del sistema acquoso rispetto al serbatoio atmosferico, in altri termini ogni confinamento di un corpo idrico, si manifesta con un arricchimento od un impoverimento di ^{13}C del TCD rispetto a quello di un sistema aperto.

In caso di decomposizione anaerobica della materia organica, i diversi meccanismi ossidoriduttivi portano ad un $\delta^{13}\text{C}$ della CO_2 alquanto negativo ($\delta^{13}\text{C} < 27\text{‰}$). Al contrario, in caso di fermentazione della materia organica secondo la reazione:



la CO_2 prodotta risulta maggiormente arricchita in ^{13}C dal momento che il CH_4 , più leggero rispetto all'anidride carbonica, tende ad allontanare l'isotopo più leggero del carbonio.

Va però sottolineato che il metano, che si genera per attività batterica è incompatibile con i batteri responsabili della riduzione dei solfati, per cui la sua formazione risulterebbe inibita dalla presena di H_2S .

Per tale motivo di produzione di CH_4 si manifesta solo quando i componenti dello zolfo sono stati completamente consumati dalle altre reazioni; in altre parole, le acque in cui si abbia separazione tra CO_2 e CH_4 devono essere chimicamente più mature delle altre acque.

I differenti studi effettuati sugli acquiferi della Pianura Padana (Piemonte-Torino, Cuneo, Vercelli e Novara, Lombardia-Mantova, Emilia Romagna-Modena, Forlì e Ravenna) e delle grandi piane intralpine (Aosta e Bolzano) hanno sempre messo in evidenza almeno due diversi meccanismi che contribuiscono all'evoluzione geochimica del TDC.

Nella pianura atesina si ha l'esempio più completo (CERVENKA & *al.*, 1993). Nella zona di S. Maurizio la presenza di lenti torbose e la contemporanea presenza di acque ricche in solfati conduce all'innescio

di distinti processi di acquisizione o perdita del carbonio disciolto: da un lato si ha un'attività batterica molto intensa, con formazione di H_2S in quantità tali da dare una caratterizzazione organolettica alle acque ed acquisizioni di CO_2 acquosa: dall'altra si ha una pura fermentazione batterica, in assenza di composti dello zolfo con perdita di parte del carbonio totale disciolto.

Tale diversificazione comporta nel primo caso la presenza di acque sempre sature rispetto alla calcite e con $\delta^{13}C$ del TDC negativi, mentre nel secondo caso le acque risultano sempre sottosature rispetto alla calcite e con un TDC sensibilmente arricchito in ^{13}C . Su tutto il territorio bolzanino le acque disegnano una precisa evoluzione del TDC e della sua composizione isotopica. Partendo da un $\delta^{13}C$ che tradisce un'origine anche sedimentaria del TDC, propria delle acque provenienti dalle aree a Nord della città, si assiste ad una graduale maturazione del carbonio disciolto nelle acque, procedendo verso Sud.

Questi gruppi, inoltre, hanno una chiara corrispondenza idrogeologica. Il gruppo di maggioranza relativa esprime il passaggio da un sistema freatico ad uno confinato, mentre gli altri evidenziano la parte terminale del flusso idrico in un sistema completamente chiuso e probabilmente a conducibilità idraulica più ridotta, in cui possono aver luogo le diverse forme di attività della materia organica.

Nel caso specifico della fermentazione batterica, essa si sviluppa senza grossi frazionamenti isotopici a causa della chiusura ermetica del sistema. L'evoluzione geochemica delle acque sotterranee nella piana di Bolzano è definita da altre due tendenze. Nel caso dei sistemi aperti, e quindi degli acquiferi freatici, il contenuto in carbonio totale disciolto delle acque tende ad aumentare debolmente, passando dalla zona di ricarica a quella di deflusso e per tutto il periodo di soggiorno sotterraneo, mentre la composizione isotopica scandisce il fluire sotterraneo delle acque a testimonianza dei diversi fenomeni di rapporto e di scambio acqua-matrice mineralogica dell'acquifero.

Al contrario, nei sistemi chiusi (acquiferi confinati) il TDC tende a diminuire, a causa del continuo consumo di CO_2 durante la dissoluzione della matrice mineralogica dell'acquifero. Da questo schema restano fuori i campioni che mostrano una composizione isotopica del TDC particolarmente impoverita. In questo caso, le acque traducono l'equilibrio isotopico raggiunto con prodotti di origine organica (gasolio?, benzina?) sversati involontariamente e per lungo tempo nell'acquifero stesso. Le perdite dei serbatoi sotterranei posti nelle immediate vicinanze della falda specie se confinata provocano una rapida variazione del potenziale redox del mezzo e quindi obbligano l'acqua ad assumere un nuovo equilibrio chimico ed isotopico. L'ossidazione in falda dei

prodotti organici derivati dal petrolio provoca un aumento del TDC ed allo stesso tempo un impoverimento in ^{13}C dello stesso TDC. Infatti è noto in letteratura che i composti organici possiedono una composizione isotopica del carbonio-13 molto negativa (ca. $-30/-40\text{‰}$); la CO_2 prodotta, anche se è più arricchita in ^{13}C dell'originale petrolio, viene a trovarsi sempre più impoverita rispetto alla CO_2 naturale, in equilibrio con le acque sotterranee. Questo fenomeno di inquinamento tende ad evidenziarsi, dopo la campagna estiva, anche nei pozzi vicini ai due precedentemente menzionati.

Appare quindi evidente che il potenziale di ossidoriduzione controlla strettamente l'evoluzione delle acque sotterranee in presenza di immissioni poco gradite. Tuttavia anche la lenta chiusura dei circuiti idrologici, specie se confinati da livelli torboso-sitosi, si manifesta con un graduale consumo dell'ossigeno disciolto ereditato durante i processi di ricarica.

Allo stesso tempo le reazioni ossidoriduttive batteriche con produzione di H_2S e CH_4 o fenomeni di decomposizione anaerobica con formazione di CH_4 comportano un controllo del potenziale redox.

Va inoltre sottolineato come il periodo di acque basse (Marzo) provoca una evidente riduzione dell'attività globale della materia organica, uniformando i potenziali redox di tutte le acque. Al contrario, nei mesi di acque alte l'influenza sulle acque della materia organica diviene sensibile. Quando le acque raggiungono il tetto dell'acquifero e circolano in esso si innesca un insieme di reazioni ossidoriduttive tali da caratterizzare la loro qualità e le loro proprietà organolettiche.

3.4.3. Zolfo-34

Alle temperature biologiche l'attività batterica è la principale causa delle segregazioni isotopiche tra le specie stabili più frequenti dello zolfo (pesante: ^{34}S , leggero: ^{32}S). Come è regola generale per tutti gli isotopi degli elementi metabolizzabili la biosintesi si concentra sugli isotopi leggeri, per cui la frazione trasformata della riserva iniziale viene a trovarsi, gradualmente, arricchita in isotopi pesanti.

Nei fenomeni che accompagnano il ciclo chimico dello zolfo, l'acqua assume un ruolo fondamentale, sia nella qualità di «serbatoio» per talune forme composte, sia come ambiente favorevole, o catalizzatore, allo sviluppo di processi bio-geochimici che interessano tale composto. Lo studio isotopico della molecola del solfato in soluzione ($\text{SO}_4^{=}$) rende agevole l'identificazione di tali processi, fornendo contemporaneamente informazioni circa l'origine delle specie disciolte e sulla storia della massa dell'acqua nella quale queste specie si sono formate.

La composizione isotopica del solfato legato alla riserva marina corrisponde quindi alla sommatoria dei diversi effetti geochimici e biogeochimici in gioco, che ad ogni istante si riequilibrano. In altri termini, si è in presenza di uno stato stazionario il cui prodotto è rappresentato da un solfato la cui composizione risulta praticamente costante a scala globale:

$$\delta^{34}\text{S} (\text{SO}_4^{2-}) = +20,3\text{‰} \text{ CD}$$

$$\delta^{34}\text{O} (\text{SO}_4^{2-}) = +9,6\text{‰} \text{ SMOW} .$$

Tuttavia questi valori «oceanici» si distinguono nettamente dai tenori in ^{34}S dei solfati presenti nelle acque meteoriche o reflue, che hanno una composizione isotopica generalmente compresa tra +30‰ e +8,5‰ CD.

In natura, i passaggi isotopici fra i diversi composti dello zolfo, tanto in fase liquida che in fase solida, sono da imputarsi principalmente alle reazioni di:

- cristallizzazione
- ossidazione
- riduzione.

Questi processi conducono a fenomeni di frazionamento che possono prodursi sia all'equilibrio che fuori (frazionamento cinetico). È difficile determinare sperimentalmente tutti i fattori di frazionamento all'equilibrio delle diverse forme dello zolfo, perché le reazioni, in condizioni naturali (temperature biologiche, pH prossimo alla neutralità e potenziale redox vicino allo zero), sono generalmente lente.

Lo stesso discorso vale per il frazionamento all'equilibrio dell'ossigeno, tra il solfato e l'acqua che esso forma.

Dopo tali premesse risulta evidente che a determinare le differenze dei rapporti isotopici tra i diversi composti dello zolfo deve esserci un frazionamento fuori equilibrio (cinetico); quest'ultimo diviene più importante in presenza di biocatalizzatori, veri e propri acceleratori organici delle reazioni chimiche ed isotopiche.

L'arricchimento cinetico, tuttavia, non raggiunge la soglia dell'arricchimento all'equilibrio e gli effetti del frazionamento appaiono costantemente variabili, sia perché termodipendenti, sia perché intimamente gestiti dalle condizioni litologiche e climatiche dell'ambiente.

Quando l'acqua circola in zone ossidate o si mescola con acque superficiali sature in ossigeno disciolto, le specie ridotte del solfato vengono rapidamente ossidate in solfiti e solfati.

Questi processi organici ricevono inoltre un contributo fondamentale dall'attività metabolica di alcuni batteri, tra i quali *Thiobacillus thiooxidans*.

Nelle reazioni chimiche pure il solfato prodotto non sembra arricchito in ^{34}S , dal momento che la frazione residua di zolfo ridotto, nella fase acquosa, è così piccola da non permettere misure analitiche di precisione sulla composizione isotopica. Al contrario, quando l'ossidazione dipende esclusivamente dall'attività batterica il solfato di neoformazione appare leggermente impoverito in ^{34}S in conseguenza del lavoro di biocatalisi che interessa di preferenza gli isotopi leggeri.

La coppia isotopica caratteristica dello ione solfato (^{34}S e ^{18}O), grazie alla contemporaneità delle informazioni che fornisce, consente di seguire nel dettaglio tutti i fenomeni che si manifestano all'interno dell'acquifero durante il passaggio dell'acqua.

Normalmente la presenza nelle acque di falda dello ione solfato è da mettere in relazione alla lisciviazione di rocce evaporitiche triassiche o messiniane affioranti nel bacino di alimentazione, oppure di fertilizzanti inorganici da esse generalmente derivati. Durante la lisciviazione, il segnale isotopico non subisce generalmente alcun fenomeno di frazionamento, per cui riflette la composizione isotopica originale.

Partendo quindi da una composizione isotopica dell'ossigeno-18 e dello zolfo-34 di solfati triassici o messiniani, tutte le acque sotterranee della Pianura Padana cadono all'interno di due rette ad inclinazione 3,5 e 1,8, rette che esprimono fedelmente le diverse reazioni ossidoriduttive che hanno luogo nell'intimità dell'acquifero.

Le acque campionate nelle zone che ricevono sensibili contributi laterali, o campionate nelle immediate vicinanze dei corsi d'acqua, mostrano una composizione isotopica della coppia $^{34}\text{S} - ^{18}\text{O}$ molto prossima a quella delle assisi sedimentarie entro le quali hanno circolato.

Le acque superficiali si infiltrano rapidamente nel sottosuolo senza subire fenomeni di frazionamento chimico. Al contrario, le acque i cui valori isotopici risultano più negativi sono indice della presenza di fenomeni riduttivi ad intensità variabile, con formazione di H_2S e di HS^- .

La causa che innesci il processo di riduzione dei solfati in soluzione, schematizzata dalla relazione già in precedenza descritta:



va ricercata nella presenza di materia organica nella zona non satura e nel sottosuolo.

Nel primo caso la perdita dai corsi d'acqua o il meccanismo di infiltrazione verticale non avviene istantaneamente ma presenta un certo ritardo a causa della minore conducibilità idraulica dei mezzi. I feno-

meni ossido-riduttivi che controllano la composizione isotopica della coppia ^{34}S - ^{18}O riflettono pertanto il meccanismo di transfert di massa più o meno ritardato. Successivamente, se le condizioni ambientali lo consentono (diminuzione di materia organica o presenza di elementi ossidanti), lo zolfo si ossida formando neosolfati in soluzione, la cui composizione isotopica tende ad assumere la composizione isotopica originale precedente all'infiltrazione. Quando più il mezzo idraulico diviene confinato o appare caratterizzato da una ridotta conducibilità idraulica la reossidazione può aver luogo solo parzialmente, così come quando il mezzo è altamente conducibile e prossimo alla superficie. I solfati che rimangono in soluzione si trovano arricchiti in isotopi pesanti; l'arricchimento che ne deriva è sempre sotto la stretta dipendenza della cinetica reazionale.

Tutti i campioni degli acquiferi villafranchiani in Pianura Padana, dei livelli profondi nella pianura d'Aosta o dell'area nordoccidentale di Bolzano presentano questa caratteristica, a conferma della presenza di un ambiente riducente, con discreta conducibilità idraulica, che agisce su acque cariche di solfati. La modesta velocità di scorrimento delle stesse provoca la separazione della fase gassosa che si è generata, disperdendola all'interno dell'acquifero.

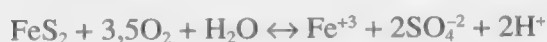
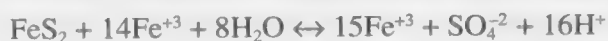
La modesta risalenza delle acque e la contemporanea separazione del H_2S impedisce una riequilibrio della fase acquosa con l'ossigeno atmosferico. Anche nel caso della coppia ^{34}S - ^{18}O si risente della variazione stagionale della piezometria.

La maggiore disponibilità reazionale della fase solida carboniosa si evidenzia in una maggiore produzione di CO_2 e delle fasi ridotte dello zolfo.

La formazione di H_2S e HS^- in un simile contesto idrogeologico è caratterizzato da una fugacità maggiore, a causa dell'aumentata disponibilità reattiva e non trova quindi una rapida azione contraria che porti alla reossidazione ed alla formazione di neosolfati.

Dall'altra parte, per lo stesso insieme di cause idrogeologiche e fenomeni geochemici, la formazione di H_2S e HS^- provoca un maggior arricchimento dei solfati residui in soluzione.

Il bilancio isotopico di reossidazione dello zolfo ridotto precedentemente formatosi obbedisce allo schema geochemico seguente:



$$^{18}\text{O}(\text{SO}_4^-) = \delta \text{ } ^{18}\text{OH}_2(0,875y + 0,125) + (11,54 - 7,44y)$$

dove y è la quantità di solfato formatasi secondo la prima reazione dello schema geochimico precedente.

L'influenza della matrice dell'acquifero e delle modalità di ricarica e di ricircolazione sotterranea su tutte le reazioni ossido riduttive viene riassunta da diagrammi ^{13}C - ^{34}S a testimonianza della intensa attività batterica all'interno degli acquiferi (VICARI & ZUPPI 1990; CERVENKA & *al.*, 1993).

3.3.4. *Atozo-15*

Come per gli altri grandi cicli geochimici (C e S), l'intimità dei diversi meccanismi del ciclo dell'azoto ha potuto essere violata mediante l'applicazione di un tracciante capace, in alcuni casi, di determinare o di precisare l'origine dei composti e di quantificarne i processi.

Le attuali conoscenze della geochimica dell'azoto sono in grado di descrivere l'influenza dei parametri ambientali nel frazionamento isotopico (temperatura, concentrazione, caratteristiche mineralogiche dei suoli, concentrazione in carbonio organico, intensità luminosa, etc...).

Come per il carbonio e per lo zolfo, alla base di queste trasformazioni elementari del ciclo dell'azoto risiede l'attività microbiologica. L'ampiezza dei frazionamenti isotopici associati alle reazioni biocatalitiche dipende quindi dalla velocità relativa delle varie tappe elementari che si susseguono nel processo globale multireazionale. La temperatura, in particolare, influenza debolmente, nel suo range di oscillazione biologica, la variazione dell'effetto isotopico associato ad un processo semplice come la dissoluzione dell'azoto nell'acqua o la volatilizzazione dell'ammoniaca.

Nel caso di processi più complessi, come processi di denitrificazioni o nitrificazioni, l'effetto isotopico risulta molto più sensibile all'oscillazione della temperatura.

La forte termodipendenza, in questo caso, è probabilmente conseguente al tasso di velocità relativa fra le diverse tappe di una relazione chimica complessa.

Ne consegue che, per l'insieme dei processi in cui si interviene (riduzione del nitrato od ossidazione dello ione ammonio), è necessaria la presenza di una sorgente di energia alternativa, come il carbonio organico per gli organismi eterotrofi o della luce per quelli fotosintetici. Queste ulteriori sorgenti avrebbero il compito di controllare il livello di concentrazione intracellulare del riduttore del sistema di trasporto degli elettroni e sarebbero inoltre alla base degli importanti frazionamenti isotopici osservati. Ciò mette in luce la possibilità di

estendere le variazioni dei frazionamenti isotopici apparenti, riferiti alle singole tappe, allo studio ed alla completa comprensione del frazionamento intimo, dei processi microbiologici, nella loro totalità di insieme.

In dettaglio, lo studio isotopico del processo ossidoriduttivo dei composti azotati permette di ricavare numerose informazioni sul meccanismo dei fenomeni di nitrificazione e denitrificazione, assimilazione e riorganizzazione (quali le condizioni di acquisizione della saturazione e la rottura di un legame N-O).

La conoscenza, sufficientemente approfondita, dei frazionamenti in alcuni passaggi dei processi globali, sottolinea la difficoltà di impiego di questa tecnica nell'ambiente naturale. Queste difficoltà limitano l'impiego del metodo solo a certe «maglie» del ciclo naturale dell'azoto, maglie in cui compaiono «eventi singolari» che possono quindi caratterizzare l'ambiente.

Allo stato attuale delle conoscenze, la quantificazione del flusso di azoto da una maglia all'altra del suo ciclo non può essere possibile che per trasformazioni semplici nelle quali sono perfettamente calcolabili, nelle condizioni ambientali naturali, gli ordini di grandezza degli effetti isotopici.

I momenti del ciclo dell'azoto già analizzati in dettaglio, e quindi perfettamente modellizzabili, sono: la fissazione biologica, l'assimilazione dei composti azotati da parte della biosfera, alcuni processi di nitrificazione ed altri di denitrificazione.

La conoscenza anche parziale di tutte le maglie del ciclo dell'azoto non vieta l'applicazione delle tecniche isotopiche a studi più complessi riguardanti la diagnosi circa l'origine dei diversi composti ed il calcolo del tasso di mescolamento tra composti a differenti origini.

È questo il caso della definizione dell'origine dei nitrati disciolti nelle acque. Tuttavia, anche se numerose sono le applicazioni su bacini idrologici, è ancora prematuro generalizzare completamente, a scala globale, le conclusioni ricavate globalmente, poiché le trasformazioni sono numerose e simultanee, nonché marcate da effetti isotopici la cui intensità è gestita da numerosi parametri ambientali locali.

Sulla base delle numerose misurazioni pubblicate, è lecito generalizzare che la composizione isotopica dell'azoto dei concimi inorganici è prossima a 0,0‰ valore dovuto al processo di fabbricazione dei fertilizzanti di sintesi richiedente una grossa quantità di azoto atmosferico.

I nitrati disciolti nelle acque degli acquiferi freatici a Sud di Bolzano evidenziano la loro origine industriale. L'intensa attività agricola contribuisce in misura sensibile a degradare la qualità delle acque facendo loro raggiungere la soglia superiore di potabilità.

I nitrati di origine naturale, provenienti dalla dissoluzione della

materia organica sviluppatasi nei suoi concimati con fertilizzanti sintetici, mostrano dei $\delta^{15}\text{N}$ prossimi a +7‰.

La materia organica si arricchisce rispetto al segnale del precursore presente nel suolo a causa della coltivazione, che provoca un certo frazionamento isotopico.

Al contrario, i nitrati che provengono dall'ossidazione di materia organica che abbia subito un lungo processo di maturazione con fermentazione ammoniacale e volatilizzazione di NH_3 sono caratterizzati da un $\delta^{15}\text{N}$ superiore a +10‰. È il caso di pozzi situati in pieno agglomerato urbano (Imola, periferia di Modena, Bolzano e Aosta) per cui occorre invocare un'origine non da concimi organici ma da materia organica con struttura anche semplice, ma storia biogeochimica complessa.

La materia organica sottoposta a reazioni di ossidazione batterica con produzione di H_2S e quindi impossibilitata a seguire un normale processo di maturazione caratterizzato da un frazionamento chimico (volatilizzazione di NH_3) ed isotopico, presenta un $\delta^{15}\text{N}$ inferiore a -5‰. È questo il caso, molto comune nella Pianura Padana, di acque raccolte soprattutto nella falda freatica, in prossimità di cascinali i cui proprietari fanno un cattivo uso delle acque reflue. A questo gruppo vanno sovente ascritti campioni provenienti soprattutto dalle falde confinate e profonde (Cremona, Mantova, Ravenna) a cui la materia organica naturalmente presente nell'acquifero lascia un indelebile marchio d'origine (HYDROTER, dati non pubblicati).

Anche per l'azoto, così come visto in precedenza per gli isotopi del carbonio e dello zolfo, si assiste a sensibili variazioni stagionali. Esse sono ben definite e seguono le regolari oscillazioni piezometriche.

Durante l'inverno la chiusura dei circuiti idrologici si manifesta con un totale consumo dell'ossigeno disciolto ereditato durante i processi di ricarica, mentre le reazioni ossidoriduttive batteriche con produzione di H_2S e CH_4 comportano notevoli frazionamenti isotopici che producono NO_3^- impoverito.

Al contrario, in estate, con i livelli piezometrici più elevati, la maggior produzione di CO_2 dà luogo ad un normale processo di maturazione che si esplica con nitrati sensibilmente arricchiti in isotopo pesante.

I frazionamenti biochimici all'interno della zona non satura, la diluizione di nitrati sintetici da parte delle acque ad impronta sedimentaria, o già parzialmente ridotta, ed i diversi processi di ossidazione rapida della materia organica a spese dell'ossigeno dei solfati, vengono quindi facilmente messi in evidenza dall'azoto-15, a testimonianza della sua estrema variabilità geochimica.

3.4.5. I cronometri (tritio e carbonio-14)

L'uso degli isotopi radioattivi naturali, cioè dei cronometri presenti nell'ambiente senza l'imposizione umana, permette di determinare il tempo di soggiorno dell'isotopo, e quindi dell'acqua, all'interno dell'acquifero e di calcolare eventualmente anche i parametri di dispersione del sistema.

I modelli messi a punto per l'interpretazione idrologica quantitativa sono stati sviluppati considerando sia le proprietà chimico-fisiche degli isotopi sia il comportamento idrodinamico del fluido veicolante.

I modelli di flusso sono costruiti partendo dall'età delle acque e dal tasso di mescolamento tra le diverse componenti idrogeologiche in gioco. In altre parole, l'evoluzione dell'acqua è descritta come funzione del tempo di soggiorno $f(t', P_i)$, in cui t' è la durata del soggiorno di un volume elementare di acqua sotterranea dopo il suo ingresso e P_i rappresenta i vari parametri idrodinamici primari (porosità, conducibilità idraulica, trasmissività, ecc...).

Il campione di acqua sotterranea è quindi considerato come un mescolamento costituito da elementi con differenti tempi di soggiorno.

Il tritio permette di calcolare quasi sempre le diverse forme di velocità sotterranea, la velocità reale e quella darciana, e buona parte dei parametri idrodinamici. Nel caso di vaste estensioni pianeggianti, come la Pianura Padana, la differenza di unità trizio tra le acque di pozzi allineati lungo una direzione di flusso porta ad una rapida valutazione del tempo di scorrimento tra i punti presi in esame all'interno dello stesso corpo idrico.

Nella zona Nord di Torino, la velocità reale è mediamente di $5 \cdot 10^{-5}$ m/s con una permeabilità reale del mezzo di $2,2 \cdot 10^{-2}$ ed una porosità efficace di circa 8%. Nella zona occidentale della provincia di Vercelli, la velocità reale media di scorrimento sotterraneo è variabile da $0,8 \cdot 10^{-5}$ m/s e $3,2 \cdot 10^{-5}$ m/s, la permeabilità reale del mezzo è mediamente di $8 \cdot 10^{-2}$ e la porosità efficace è di circa il 10%.

Nel Novarese, lungo l'asse Oleggio-Novara, la velocità reale media inferiore di circa un ordine di grandezza, $0,25 \cdot 10^{-5}$, la permeabilità reale del mezzo $8,3 \cdot 10^{-4}$, e la porosità efficace di circa il 20% evidenziano una certa componente argillosa della matrice dell'acquifero. Simili valori si ritrovano nel settore meridionale della provincia di Vercelli e più generalmente in Lomellina. Nell'Alessandrino, nel settore di pianura sotteso tra i corsi dei fiumi Tanaro e Scrivia, sono state calcolate una velocità reale di circa $1,3 \cdot 10^{-5}$ m/s, una permeabilità reale di $1,3 \cdot 10^{-2}$ ed una porosità efficace di circa 8%. Altri dati puntuali di velocità reale del mezzo sono stati ottenuti mediante lo stesso metodo

nel settore padano dell'Oltrepò mantovano, $1 \cdot 10^{-5}$ m/s, nella Pianura Veneta, $1 \cdot 10^{-5}$ m/s e nelle conoidi appenniniche emiliano-romagnole.

La datazione delle acque sotterranee che utilizza gli isotopi del carbonio presenta, nel caso della Pianura Padana, alcune difficoltà, essendo limitata alla parte centrale per gli acquiferi più superficiali, ed alle zone periferiche, per gli acquiferi più profondi. Nel resto della pianura, purtroppo, il limite di 40 000 della datazione è facilmente raggiunto, a causa sia della ridotta velocità di flusso attraverso gli acquitardi, sia del rapido scambio con il carbonio morto di origine minerale. Utilizzando vari metodi di correzione per il ^{14}C , che tengano conto sia del contenuto in ^{13}C che della chimica degli elementi maggiori, è possibile per via matematica, raggiungere talvolta età anche superiori ai 50 000 anni. Per queste acque sarebbe auspicabile il confronto con i dati ottenibili per mezzo del ^{36}Cl , che, a causa degli alti costi di queste analisi, viene utilizzato molto raramente. L'unico caso di confronto tra misure di ^{14}C e ^{36}Cl reperibile nella letteratura padana, si riferisce alle acque di un pozzo profondo del litorale ravennate, testimoniando un'attuale ricarica della piana da parte di acque dolci «eridane» di circa 70 000 anni intrappolate sotto l'attuale Mare Adriatico (BERTONI & *al.*, 1990).

3.5. Il tracciamento artificiale

Non esiste attualmente una sostanza che, una volta artificialmente immessa nell'acquifero, riesca a riprodurre alla perfezione il comportamento del tracciante ideale. La sovraimpressione del segnale comporta sempre un certo disequilibrio idrodinamico di cui occorre tenere conto in fase di valutazione analitica.

La scelta tra i vari metodi di tracciamento artificiale si basa sui seguenti parametri: le finalità dello studio, la scala spazio-temporale a cui si deve lavorare, le possibilità tecniche di analisi ed i fondi finanziari a disposizione.

Occorre tuttavia ricordare che i traccianti artificiali si vanno sempre ad aggiungere a quelli già presenti nell'ambiente, ed a complicare l'utilizzazione di questi ultimi (traccianti intimi) nelle interpretazioni idrogeologiche. Ne risulta che i segnali artificiali debbano essere utilizzati solamente quando lo studio di quelli naturali è stato completato. Per prove di corta durata, è auspicabile utilizzare radioisotopi a breve vita che devono, d'altra parte, essere anche presenti in forme chimiche convenienti. Infatti, questi traccianti presenti sotto forma di composti in soluzione mostrano sempre problemi di affinità geochemica con la

matrice mineralogica dell'acquifero: l'attrazione verso la fase solida è maggiore nelle cariche positive (cationi): ne consegue che il bilancio elettrochimico dei complessi in soluzione restringa di molto il campo dei potenziali traccianti.

Numerose prove sono state effettuate specie in Piemonte al fine di conoscere tutti i parametri idrodinamici e modellizzare quindi l'evoluzione spazio-temporale di un possibile inquinamento.

Recentemente (ZUPPI G.M., dati non pubblicati) il confronto tra metodologie diverse di tracciamento artificiale (cloruro di sodio, isotopi, radioattivi, molecole organiche complesse), ha messo in evidenza la buona correlazione tra i dati ottenuti con i diversi metodi sul medesimo campo prova.

Il coefficiente di dispersività longitudinale assume nel tracciamento con molecole organiche complesse un valore inferiore a quello ottenuto con il metodo degli altri traccianti (ritardo significativo). Al contrario il coefficiente di dispersività trasversale assume con gli isotopi radioattivi un valore superiore (migliore diffusione all'interno della fase liquida).

4. Conclusioni

Questi rapidi e schematici esempi hanno cercato di mostrare il ruolo occupato dalla geochimica isotopica nello studio delle circolazioni idriche superficiali e sotterranee. Se durante i lavori pionieristici degli anni '60 ci si è limitati a descrivere qualitativamente un flusso idrico, al giorno d'oggi, al contrario, si arriva a quantificarlo. Infatti le nuove metodologie analitiche permettono di penetrare profondamente nell'intimità del sottosuolo e di descrivere in gran dettaglio tutte le sue proprietà cinematiche, dinamiche e geochimiche. Applicandoli con un certo spirito critico, e combinandolo per completezza di indagine con i metodi dell'Idrogeologia classica, dell'Idrologia e dell'Idrochimica, gli isotopi permettono di ingrandire le nostre conoscenze dei sistemi locali, regionali e continentali di circolazione idrica sotterranea ed apportano un prezioso contributo all'esplorazione del mondo che ci circonda, alla realizzazione di opere di ingegneria geologica, alla quantificazione delle riserve idriche ed alla loro gestione e protezione.

BIBLIOGRAFIA

- ADORNI BRACCESI A. (1994), *Valutazione del bilancio idrico dinamico e delle tecniche di analisi isotopica per la valutazione dell'impatto ambientale di sistemi colturali*. Tesi di Master M.E.I.A.
- ARATTANO M., LAZZARI S., MARAGA F. & ZUPPI G.M. (in preparazione), *La scomposizione dell'idrogramma di piena del Rio Gallina*.
- BERTONI W., VENTURINI L. & ZUPPI G.M. (1990), *Studio chimico-isotopico delle acque sotterranee della pianura ravennate*, in: «Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi, Pitagora Ed., I», 109-143.
- CERVENKA C., DI FILIPPO G., EICHINGER L., MASO V., TOSKA Z. & ZUPPI G.M. (1993), *Studio idrogeochimico isotopico delle acque sotterranee della piana di Bolzano*. IGEA, **2**, 47-64.
- HYDROTHER (ined.), *Studio isotopico della provincia di Cremona*. Rapporto inedito, 1993.
- I.A.E.A. (1983), *Guidebook on nuclear techniques in Hydrology*. I.A.E.A., Vienna, Tec. Doc. 91, 210 pp.
- I.A.E.A. (1992), *Statistical treatment of data on environmental isotopes in precipitation*.
- I.A.E.A., Vienna, Tec. Doc. 331, 425 pp.
- I.A.E.A. (1993), *Isotopes techniques in the study of past and current environmental changes in the hydrosphere and the atmosphere*. Vienna, STI-PUB 908, 472 pp.
- SACCHI E. (in stampa), *Gli isotopi ambientali ed il ciclo dell'acqua*. Geologica Romana, **30**.
- VICARI L. & ZUPPI G.M. (1990), *Idrogeochimica e Idrologia Isotopica della conoide del Fiume Secchia e delle conoidi minori modenesi*, in: «Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi, Pitagora Ed., II», 143-152.

Fattori di inquinamento e condizioni qualitative delle acque del Po

Roberto MARCHETTI^(*)

Abstract. - *Different pollution factors (inhabitants, industrial activities and agriculture) present in the Po catchment, are considered in relation to their potential pollution action.*

Using conversion factors for industry and animal-breeding, an estimate can be made of 40 millions for industrial inhabitant equivalents, and of 65 millions for animals. Total population of the basin can be evaluated of 120 millions, being 15 millions the inhabitants.

The effects of the discharge of the wastes of this population on the Po River waters are examined, considering toxic metals, organic micropollutants, oxygen, trophic elements, microbial components and temperature.

Introduzione

Un quadro completo delle condizioni generali del Po e dei problemi «ecologici» attuali del fiume, è stato tracciato di recente in occasione del 5° Congresso della Società Italiana di Ecologia, tenutosi a Milano nel Settembre del 1992 (SITE, 1993). In quell'occasione, si tentò di approfondire il problema del deterioramento delle acque superficiali e sotterranee del bacino collegandolo a tutta una serie di possibili cause.

Tra le varie, le più probabili possono essere sinteticamente elencate come segue:

ABITANTI: 15,8 milioni, con un consumo annuo di 2,2-2,5 miliardi di metri cubi di acqua, di cui l'82% prelevata da falde e il 15% da sorgenti.

INDUSTRIA: 235 000 unità locali, con 2,7 milioni di addetti e un consumo di 3,3-4 miliardi di metri cubi per anno.

AGRICOLTURA: 32 000 km quadrati di superficie agraria utile di cui 15 000 irrigati e un consumo di 6,5 miliardi di metri cubi per anno.

^(*) ordinario di Ecologia, Università degli Studi di Milano e Istituto di Ricerca sulle Acque (CNR).

ZOOTECNIA: 4,1 milioni di bovini, 5,2 di suini, 52 di polli e simili, con consumi di acqua non conosciuti.

In termini di carico inquinante, le componenti abitanti, industria e zootecnia, sono traducibili, con il sistema degli equivalenti, in una popolazione totale di 120 milioni di abitanti totali, ripartiti in (milioni):

abitanti effettivi	16
equivalenti industriali	39
equivalenti animali	65

Questa popolazione non include la componente agricola (non traducibile in equivalenti), rappresentata dal suolo coltivato e incolto, il cui contributo alla contaminazione delle acque superficiali e sotterranee può essere notevole, sia in termini di fertilizzanti che di pesticidi.

Per i fertilizzanti si valuta che nel bacino del Po il consumo annuo arrivi a 323 000 tonnellate per la categoria degli azotati e a 225 000 per quella dei fosfatici.

Per quanto riguarda i pesticidi, il consumo annuo (1987) rilevato per le regioni Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia ed Emilia-Romagna, è stato di:

anticrittogamici organici (formulati):	2 937 t
insetticidi sintetici (formulati):	4 169 t
erbicidi organici (principi attivi):	4 220 t

Questi valori, nonostante l'inclusione nel bacino del Po della totalità del territorio dell'Emilia-Romagna, sono considerati di gran lunga inferiori ai reali, non includendo le miscele, i consumi non agricoli e altri composti usati come pesticidi.

QUADRO QUALITATIVO

Può essere interessante, a questo punto, esaminare come questo insieme di fattori potenziali di inquinamento possa indurre una reale modificazione della qualità delle acque del fiume, limitando le considerazioni che seguono all'asta principale del medesimo.

Metalli

Se si effettua un confronto (la cui validità può essere discutibile data l'eterogeneità delle situazioni possibili) tra i livelli che vengono considerati i più frequenti in acque naturali non contaminate e quelli rilevati

nel Po nel tratto terminale (PETTINE & *al.*, 1991), si possono osservare nette differenze e valori decisamente più elevati nel caso del Po.

Il metallo che più si discosta dalla normalità è il cadmio, seguito da mercurio e piombo, tre elementi particolarmente critici per le possibilità di bioaccumulo.

È da segnalare inoltre, come, sulla base di analisi condotte non più sull'acqua ma sui sedimenti e sugli organismi del fiume (GALASSI & PROVINI, 1993), sia possibile rilevare un sistematico arricchimento rispetto a quelli che sono considerati i valori di fondo (WHO-UNEP, 1989). Per il piombo nei pesci e nei molluschi si supera infatti 1 mg/kg essendo 0,01-0,03 mg/kg i valori propri di pesci di ambienti poco inquinati (HAPKE, 1991). Per il mercurio, non particolarmente elevato nell'acqua e nei sedimenti, si arriva a valori preoccupanti ai livelli terminali della catena alimentare, come dimostrato per gli uccelli ittiofagi del delta padano nelle cui uova si trovano concentrazioni di mercurio fino a 10 volte più elevate di quelle che si rilevano nei pesci di cui detti uccelli si nutrono (FOCARDI & *al.*, 1990).

Microinquinanti organici

La componente denominata microinquinanti organici presente nel Po, è costituita da diserbanti, insetticidi, PCB, detergenti, ftalati, fosfati organici ed altre componenti identificate e non. Per questi composti, facendo riferimento ad una serie di indagini concluse negli anni '90, è possibile tracciare, molto schematicamente, il quadro seguente:

• *Diserbanti*

I composti di più largo consumo nella agricoltura padana sono anche quelli che si ritrovano con la maggiore frequenza e la più elevata concentrazione anche nelle acque del Po. È questo il caso di molinate, atrazina e simazina:

Molinate. Massima frequenza Maggio-Giugno.

Massimi: ug/l 4400 (Pavia), 8700 (Ferrara)

Atrazina. Presente tutto l'anno

Massimi: ug/l 180 (Torino), 800 (Pavia), 990 (Ferrara)

Questi composti di norma non compaiono singolarmente ma spesso insieme e con altri, frequentemente presenti in grande numero.

• *Insetticidi*

I fosforati sono i meno frequenti, rappresentati da due soli composti (forate e diazinone) e presenti in concentrazioni molto modeste.

Gli organoclorurati sono anch'essi poco rappresentati (HBC e lindano) e non raggiungono concentrazioni di rilievo in nessuno dei punti controllati.

- *Fosfati organici*

Sono sempre presenti e in qualche caso anche a concentrazioni relativamente elevate.

- *Ftalati*

Gli esteri ftalici compaiono con i 4 ftalati più comuni e raggiungono valori elevati (GALASSI & *al.*, 1991).

- *Altri organici*

Tra gli altri microinquinanti organici sono da segnalare per la frequenza di ritrovamento, alcuni acidi grassi (palmitico, stearico, pentadecanoico) e i detergenti anionici e non ionici.

Questi dati si riferiscono ad analisi effettuate su campioni d'acqua. Per quanto riguarda sedimenti ed organismi, le valutazioni analitiche riguardano soprattutto i pesticidi clorurati ed i PCB. Mentre i primi, nei pesci, presentano una netta riduzione rispetto a quelli rilevati negli anni '70, gli altri (PCB) sono presenti in concentrazioni da considerarsi pericolose per il consumo umano, in quanto superiori ai limiti della FDA USA (GALASSI & PROVINI, 1993). Queste osservazioni concordano con quelle di FOCARDI & *al.* (1990 a, b) sui pesci del Delta del Po e sugli uccelli che se ne nutrono.

Componenti deossigenanti

Questi composti, valutabili come BOD o come carbonio organico, presentano un andamento lungo il fiume contrassegnato da due picchi corrispondenti alla conurbazione di Torino e, via Fiume Lambro, a quella di Milano. I valori che si raggiungono per il BOD sono, in qualche caso, molto elevati, con una media che si mantiene tra 5 e 10 mg/l di ossigeno consumato. Questa richiesta induce frequenti condizioni di sottosaturazione di ossigeno, tanto che mediamente la condizione deficitaria è quella che prevale lungo tutto il fiume. Questo deficit, in particolari condizioni, può raggiungere livelli assai spinti, come quelli osservati nel tratto centrale del fiume (BOZZANI & *al.*, 1991) in relazione ad un repentino aumento della portata. La turbolenza che si crea in queste condizioni determina il risollevarimento della sostanza organica sedimentata e un significativo abbassamento della concentrazione di ossigeno.

Elementi trofici

Il riferimento è, nello specifico, al fosforo e all'azoto, la cui azione eutrofizzante non dà luogo, tuttavia, ad effetti particolarmente negativi nell'ambiente fluviale padano. Tali effetti, come è noto, si risentono a livello di acque lacustri e, nel caso in esame, anche a livello di acque costiere marine.

In riferimento a queste ultime, più direttamente collegate ai problemi del Po, sono disponibili numerosi dati di valore storico relativi ai carichi di fosforo e azoto rilevati nella sezione di chiusura dell'intero bacino (Pontelagoscuro) a partire dal 1968. Questi carichi, dopo il 1970 aumentano, fino a raddoppiare verso la metà del decennio, momento in cui (estate 1976) le fioriture algali lungo la costa dell'Emilia Romagna assumono carattere cronico. La correlazione tra apporti del Po e fioriture algali in mare parrebbe documentata anche dal fatto che, con la riduzione dei carichi determinata negli ultimi anni dalle minori portate del Po, gli episodi di fioritura algale si sono fatti più rari e più contenuti (sono questi gli anni delle mucillagini che, tuttavia, non sembrano avere alcun rapporto con gli apporti padani di fosforo e azoto) (MARCHETTI, 1993; CROSA & MARCHETTI, 1993).

Calore

Un cenno può essere riservato anche al problema (potenziale) dell'inquinamento termico, determinato dalla presenza di 10 centrali termoelettriche nel bacino padano distribuite metà sugli affluenti (per 3591 MW di potenza nominale) e metà direttamente sull'asta principale del Po (7260 MW). Per queste ultime, si ritiene che il limite di legge vigente (incremento medio di 1° C tra monte e valle dello scarico di acqua calda) sia rispettato senza danni particolari per l'ambiente acquatico padano, con un unico interrogativo relativo all'effetto additivo che potrebbe esistere nel caso delle centrali di Ostiglia e Sermide, che distano tra loro solo 13 km.

Componente microbica

Il quadro complessivo relativo agli indicatori di inquinamento fecale evidenzia in tutte le stazioni del fiume la presenza di coliformi fecali, con valori sistematicamente superiori ai 100 coli per 100 ml di acqua.

In proposito è opportuno fare rilevare che, se i coli di per sé, non costituiscono un particolare problema dal punto di vista igienico sanitario, la loro presenza è da considerare un indice della presenza anche

di salmonelle e di virus, e cioè, di organismi certamente più preoccupanti sul piano del rischio patogeno.

3. CONSEGUENZE

L'insieme degli apporti inquinanti derivanti dalla popolazione residente (tipicamente la componente microbica), dalle attività agricole (pesticidi) e dalle attività industriali (microinquinanti organici diversi dai pesticidi e metalli), determina una serie di conseguenze che si possono misurare in termini di idoneità delle acque a determinati usi o vocazioni, quali sono la balneazione, l'alimentazione di acquedotti per uso potabile e la vita acquatica.

Balneazione

Se si valutano le possibilità di balneazione sulla base dei 100 coliformi fecali per 100 ml, indicati tra i requisiti di balneabilità delle acque in Italia dal d.p.r. 470/82, si rileva una condizione generalizzata di valori fuori limite e, cioè, di totale inidoneità delle acque del Po per questo uso.

Potabilizzazione

Se, d'altra parte, si fa riferimento ai limiti relativi alle acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile (440/75 CEE e d.p.r. 515/82) che prevedono per i trattamenti di potabilizzazione meno spinti (A1) valori di:

antiparassitari totali mg/l 0,001

coliformi totali n°/100 ml 50

coliformi fecali n°/100 ml 20

si può concludere che in taluni punti del percorso del fiume e in qualche occasione, la somma dei pesticidi supera la soglia indicata; e, d'altra parte, se si fa riferimento anche solo alle soglie prescritte per i coliformi, in nessun punto tra quelli controllati e in nessun caso si presenterebbero condizioni di idoneità a quest'uso.

Vita acquatica

Per quanto in fine riguarda la vita acquatica, le indagini condotte da vari autori concordano nel sostenere l'esistenza di una fauna a

macroinvertebrati e pesci ancora sufficientemente ricca, ma strutturata sulla base soprattutto di specie opportuniste e generalmente assai tolleranti.

In particolare, per i pesci, da un lato (GANDOLFI, 1993) si riconosce che tutte le specie descritte negli elenchi faunistici del secolo scorso sono ancora presenti ma, dall'altro, si segnala una forte riduzione sia degli areali di diffusione, sia della biomassa complessiva, per tutte le specie più esigenti in fatto di qualità delle acque. Si segnala, inoltre, una generale banalizzazione del popolamento ittico, con incremento sensibile delle specie opportuniste.

Secondo gli autori che hanno studiato questo argomento, la situazione oggi esistente nel Po è in parte attribuibile al deterioramento della qualità delle acque ma, in misura non trascurabile, anche alla progressiva opera di artificializzazione spondale, alla riduzione delle portate, alle escavazioni in alveo, agli sbarramenti (in particolare quello di Isola Serafini), alla eliminazione e cattiva gestione delle aree marginali, nonché a scorrette operazioni di ripopolamento.

3. CONCLUSIONI

Il quadro esposto che, per ragioni di tempo, ha riguardato, nella sostanza, unicamente l'asta principale del Po, non consente una visione complessiva ed organica della problematica relativa alla qualità delle acque del sistema idrografico padano.

Per le altre componenti questo sistema basterà ricordare, per concludere, che esistono problemi specifici e comuni a livelli diversi di gravità, che riguardano gli affluenti, i laghi, l'area deltizia e costiera e non risparmiano neppure le strutture apparentemente più protette, quali sono le riserve d'acqua d'alta quota, quelle sotterranee e meteoriche.

BIBLIOGRAFIA

- BOZZANI A., GUZZI L. & QUEIRAZZA G. (1991), *Regime idrologico e dinamica dell'ossigeno disciolto*. Atti Conv. «La qualità delle acque del Po negli anni '90». Ferrara 18-20 Aprile 1991, sp. 6.1-6.5.
- CROSA G. & MARCHETTI R. (1993), *La qualità delle acque: asta principale e affluenti. Problematiche ecologiche del sistema idrografico padano*. Acqua e Aria, **6**, 609-618.
- FOCARDI S., LEONZIO C., FOSSI C. & MARSILI L. (1991 a), *Idrocarburi clorurati e metalli pesanti in specie ornitiche del Delta del Po*. Atti Conv. «La qualità delle acque del Po negli anni '90». Ferrara, 18-20 Aprile 1991, sp. 20.1-20.5.
- FOCARDI S., FOSSI C., LEONZIO C., MARSILI L. & MATTEI N. (1991 b), *Idrocarburi clorurati e metalli pesanti in varie specie ittiche del Delta Po*. Atti Conv. «La qualità delle acque del Po negli anni '90». Ferrara, 18-20 Aprile 1991, sp. 21.1-21.8.
- GALASSI S., CAPRI S., GUZZELLA L., MINGAZZINI M., RINDONE B., SORA S. & VIGANÒ L. (1991), *Microinquinanti organici ed effetti tossici*. Atti Conv. «La qualità delle acque del Po negli anni '90». Ferrara, 18-20 Aprile 1991, 9.1-9.16.
- GALASSI S. & PROVINI A. (1993), *Metalli pesanti e microinquinanti organici nei sedimenti e negli organismi del Po. Problematiche ecologiche del sistema idrografico padano*. Acqua e Aria, **6**, 619-625.
- GANDOLFI G. (1993), *Condizioni attuali della fauna ittica nel bacino del Fiume Po e proposte di intervento. Problematiche ecologiche del sistema idrografico padano*. Acqua e Aria, **7**, 714-717.
- HAPKE (1991), *Metal accumulation in the food chain and load of feed and food*. In Merian Ed.: «Metals and their compounds in the environment. VCH Pub., Weinheim FRG.» 469-480.
- MARCHETTI R. (1993), *Quadro di sintesi. Problematiche ecologiche del sistema idrografico padano*. Acqua e Aria, **7**, 775-789.
- PETTINE M., CAMUSSO M., COGLIATI N., FERRARA R., MARTINOTTI W. & MASERATI E. (1991), *Fattori di variazione della concentrazione di metalli*. Atti Conv. «La qualità delle acque del Po negli anni '90». Ferrara, 18-20 Aprile, 1992, sp. 3.1-3.50.
- SITE, SOCIETÀ ITALIANA DI ECOLOGIA (1993), *Problematiche ecologiche del sistema idrografico padano*. Acqua e Aria, **6**, 569-647 e **7**, 705-794.
- WHO-UNEP (1989), *Global freshwater quality. A first assessment*. M. Meybeck, D. Chapman, R. Helmer Eds., WHO-UNEP, Blackwell Ltd, Oxford, p. 306.

Flora e vegetazione del Po

Francesco SARTORI^(*) & Francesco BRACCO^(**)

Abstract. - *The aim of this work has been to gather and organize all data available in literature concerning the flora and the vegetation of River Po and precisely of the part of its course within Pianura Padana.*

The floristic list consist of 746 species of 113 families. The syntaxonomic list is made up of 69 vegetational types and communities grouped in 13 phytosociological classes.

By means of comparative analysis of chorological profiles of the woods existing along the course of the river in the Po Plain it is possible to point out an increasing role, from W to E, of the mediterranean element, the maximum percentage of which is found in the Quercus ilex wood of Mesola Forest.

Finally the dynamical problems of the vegetation are presented and some suggestions to improve the degree of naturality of the vegetation along the course of River Po, very low at present are discussed.

Introduzione

L'ambito geografico di riferimento è il corso padano del Fiume Po, esclusa la porzione terminale di delta, di transizione agli ambienti alofili marini e con una estensione laterale corrispondente all'incirca ai depositi delle alluvioni recenti.

Le conoscenze floristiche e vegetazionali del Po sono frammentarie, episodiche e sovente vecchie, soprattutto se rapportate all'elevata capacità di cambiamento dei fiumi nel tempo. Il disinteresse dei botanici è verosimilmente conseguente alla generalizzata domesticazione del territorio, che deprime la curiosità e l'interesse dei ricercatori.

Viene di seguito proposta una svelta rassegna della bibliografia geobotanica riguardante il corso del Fiume Po, comprendendo anche la porzione terminale del corso dei suoi affluenti.

MONTELUCCI G.(1949) è attratto dal "quadro di vegetazione assolutamente anormale" presentato da alcune fitocenosi esotiche del Po a

^(*) professore associato di Botanica, Istituto di Botanica, Università degli Studi di Pavia.

^(**) ricercatore di Geobotanica, Dipartimento di Biologia, Università di Padova.

Chivasso e le elenca in una breve nota; PIGNATTI S. (1957a, 1957b), indagando sulla vegetazione infestante di alcune coltivazioni di graminacee del Pavese, informa anche sulla flora marginale ai campi, compresi quelli posti lungo il Po; TOMASELLI R. (1958) rileva la flora infestante dei pioppeti d'impianto e spontanei lungo il Po presso Casale Monferrato; SACCO T. (1962) compila la florula di un braccio di Po morto nel torinese; CORBETTA F. & ZANOTTI CENSONI A. (1977) conducono un'indagine sistematica sulla vegetazione alveale di tutto il corso del Po producendo, a tutt'oggi, l'unico contributo unitario, per questo tipo di ricerche, riguardante il fiume; PICCOLI F., GERDOL R. & FERRARI C. (1983) rilevano e cartografano la vegetazione del Bosco della Mesola, tra il Po di Volano e il Po di Goro; BRACCO F., SARTORI F. & TERZO V. (1984) indagano la flora e tipizzano, cartografano, valutano la vegetazione del Po nel tratto tra la confluenza del Tanaro e quella dello Scrivia; OSTELLINO I. (1987) redige una ricca flora del fiume presso Valenza; SARTORI F. & TERZO V. (1992) studiano la flora e la vegetazione della riserva naturale Isola Boschina, presso Ostiglia; BRACCO F. & SARTORI F. (1993) ed ancora BRACCO F. (in stampa) rilevano e interpretano le variazioni di vegetazione intervenute lungo l'asta del Po lombardo-emiliano, nel decennio 1980-90. Infine, MONTANARI Guido M.A. & MONTANARI C. (1988) pubblicano due lavori bibliografici di sintesi sulle conoscenze botaniche dei corsi d'acqua italiani, comprendendo ovviamente anche il Po.

Al fine di ampliare la disponibilità dei dati floristico-vegetazionali in modo ragionevolmente compatibile con gli ambienti ed il territorio considerati nello studio, si sono anche recepiti i dati riportati nei seguenti contributi: PIROLA A. (1968) per la vegetazione di un meandro abbandonato del Ticino, presso Pavia; TOMASELLI R. & GENTILE S. (1971) per la riserva naturale integrale Bosco Siro Negri, lungo il Ticino; CORBETTA F. & CENSONI ZANOTTI L. (1974) per la Foresta Panfilia, posta in una gola del Reno; PIROLA A. & ROSSETTI A. (1974) per la vegetazione di greto del Fiume Reno; DE MARCHI A., ZANOTTI CENSONI A., CORBETTA F. & GHETTI P.F. (1979) per le cenosi macrofitiche alveali del torrente Parma; MONTACCHINI F. (1980) per il bosco di quercia e carpino della Mandria, presso Torino; CAVANI R., SARTORI F. & ZUCCHETTI R. (1981) per i boschi residui presenti lungo l'Adda; SARTORI F. & ZUCCHI C. (1981) per gli ultimi scampoli di boschi presenti lungo l'Oglio; HOFMANN A. (1981) per il Bosco Fontana di Mantova; SARTORI F. (1984) per i boschi del basso corso del Ticino; BRACCO F. (1981) per la vegetazione acquatica della bassa valle del Ticino; CANIGLIA G. (1981) per il bosco di Carpenedo, presso Mestre.

Flora

I dati sono tratti dalla bibliografia sopra esposta. I lavori utilizzati interessano, nella quasi totalità, situazioni territoriali localizzate, disomogeneamente distribuite lungo l'asta fluviale. Spesso i dati sono derivati da indagini vegetazionali, che, per la loro stessa natura, rappresentano campioni parziali e selezionati di flora. In particolare, i dati floristici riguardanti il corso medio e finale del fiume sono tratti prevalentemente da rilevamenti di vegetazione forestale, con evidenti distorsioni a livello di sintesi e generalizzazione dei risultati. Pertanto, sia l'elenco delle specie, sia le elaborazioni, prudenzialmente ridotte, che su di esso sono state svolte e che vengono qui presentate devono essere prese come primo contributo informativo di larga massima.

L'elenco floristico è riportato nell'allegato I. Esso cataloga 746 specie e 113 famiglie. La grafia, la forma biologica e l'elemento corologico utilizzati nell'elenco e nelle elaborazioni di seguito esposte sono conformi a PIGNATTI S. (1982).

Pur considerando la forte antropizzazione del territorio ed il conseguente abbassamento della diversità floristica, il numero di specie censito è sicuramente incompleto. Una conferma è data dal confronto: o con flore riguardanti il tratto padano di altri fiumi, con una lunghezza decisamente inferiore a quella del Po, o con flore riguardanti porzioni limitate dello stesso Fiume Po (tab. 1). In particolare, il confronto con la flora del corso padano dell'Adda evidenzia uno scarto totale, in numero di specie, di poco superiore alle cento unità.

Tabella 1 - Numero di specie catalogate in flore di fiumi padani

Oglio, corso padano (ZUCCHI C., 1979)	n. specie 291
Adda, corso padano (ZUCCHETTI R., CAVANI M.R. & TERZO V., 1986)	n. specie 622
Po, presso Valenza (OSTELLINO I., 1987)	n. specie 357
Po, tra Tanaro e Scrivia (BRACCO F. & al., 1984)	n. specie 400
Pianura Padana lombarda (ZUCCHETTI R. & al., 1986)	n. specie 1548
Po, totale	n. specie 746

Tra gli elenchi floristici dell'Adda e del Po si registra anche un buon livello di sovrapposizione: oltre il 70 % delle specie della flora dell'Adda compaiono anche nella flora del Po, mentre quest'ultima ha in comune con la prima oltre il 60 % delle specie.

La figura 1 riporta lo spettro biologico della flora del Po. Risultano dominanti le emicriptofite, in accordo con la situazione bioclimatica e

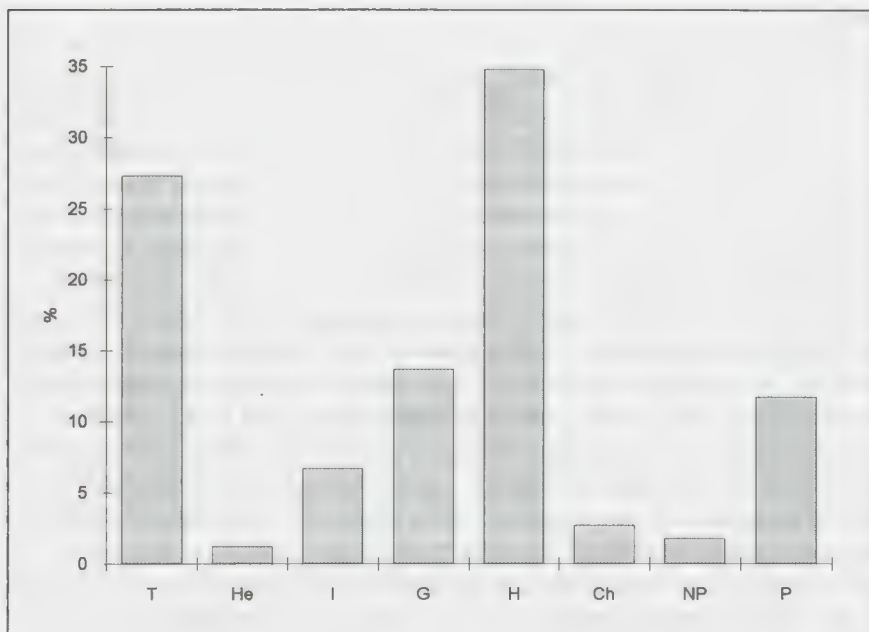


Figura 1 - Spettro biologico della flora del corso padano del Fiume Po. Sono riportati i valori percentuali delle seguenti forme biologiche: T = terofite, He = elofite, I = idrofiti, G = geofite, H = emicriptofite, Ch = camefite, NP = nanofanerofite, P = fanerofite.

geografica della Pianura Padana; poco inferiore è la presenza delle terofite, specie tipiche dei greti fluviali attivi, ma anche delle aree fortemente antropizzate. Sono ben rappresentate le specie legnose.

Un confronto con spettri biologici disponibili per gli altri fiumi padani (ZUCCHI C., 1978; ZUCCHETTI R. & *al.*, 1986) o di porzioni dello stesso Fiume Po (BRACCO F. & *al.*, 1984; OSTELLINO I., 1987) è riportato in tabella 2. La comparazione permette di evidenziare una sostanziale somiglianza tra i vari spettri biologici. Lo scostamento più sensibile riguarda le emicriptofite; queste infatti hanno nella flora del Po una presenza percentuale inferiore agli altri casi confrontati; in compenso, la flora del Po presenta una maggior quantità di specie fanerofite e, soprattutto, di specie acquatiche (idrofiti ed elofite).

In figura 2 è riportato lo spettro corologico di tutte le specie dell'elenco floristico. Una comparazione con spettri corologici di altre flore in questo caso non è praticabile perché i vari autori utilizzano attribuzioni e aggregazioni di elementi geografici in modo molto diversificato e non comparabile. L'unico dato utilizzabile è quello riguar-

Tabella 2 - Spettri biologici delle flore di fiumi padani.

	P	Ch	H	T	G+I
Oglio, corso padano (ZUCCHI C., 1979)	13,74	2,4	42,26	25,08	16,49
Adda, corso padano (ZUCCHETTI R. & <i>al.</i> , 1986)	12,5	2,73	41,47	26,84	16,23
Po, presso Valenza (OSTELLINO I., 1987)	10,64	2,24	36,13	29,97	21
Po, tra Tanaro e Scrivia (BRACCO F. & <i>al.</i> , 1984)	9,01	1,59	35,01	33,95	20,40
Pianura Padana lombarda (in Zucchetti R. & <i>al.</i> , 1986)	8,46	2,84	36,62	33,72	17,94
Po, totale	13,52	2,73	34,84	27,32	21,58

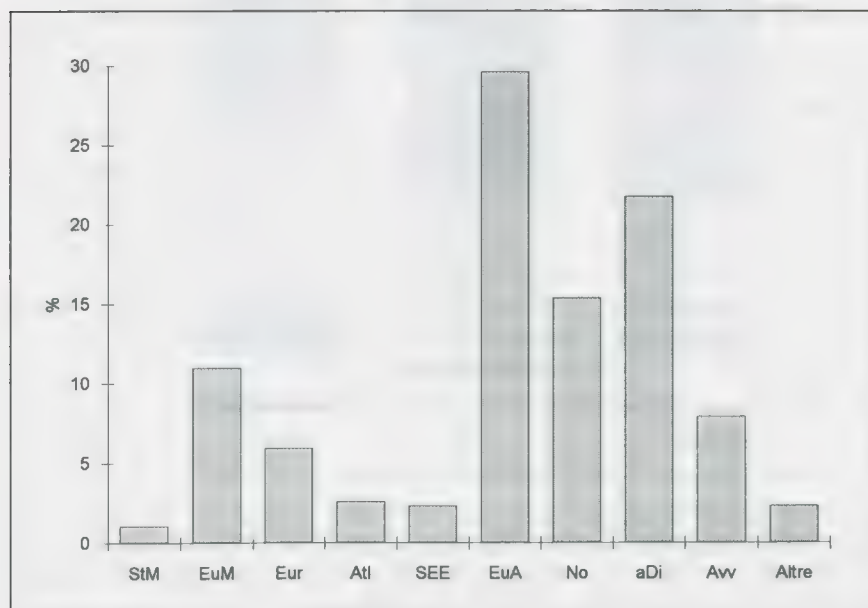


Figura 2 - Spettro corologico della flora del corso padano del Fiume Po. Sono riportati i valori percentuali dei seguenti elementi geografici: StM = stenomediterranee, EuM = eurimediterranee, Eur = europee, Atl = atlantiche, SEE = orofile SE-europee; SE-europee e mediterraneo-turaniane, EuA = eurasiatiche, No = boreali, aDi = subcosmopolite, cosmopolite e paleotropicali, Avv = avventizie e coltivate, Altre = mediterraneo-montane, orofile S-europee.

dante la percentuale di specie esotiche. Per l'Adda è poco meno del 11 % (ZUCCHETTI R. & *al.*, 1986) , per il Po presso Valenza è del 16% (OSTELLINO I., 1987), per il Po tra Tanaro e Scrivia è del 11% (BRACCO F. & *al.*, 1984); per la flora del Po qui compilata è del 8%, inferiore perciò agli altri valori citati.

L'elenco floristico riporta anche la ripartizione della flora lungo l'asta del Po. In particolare, sono attribuiti alla porzione occidentale del corso del fiume i dati raccolti a monte della confluenza dell'Agogna, alla porzione del corso medio del fiume i dati raccolti tra la confluenza dell'Agogna alla confluenza del Panaro e sono infine considerati orientali i dati riferiti a località a valle di quest'ultimo punto di confluenza. Gli spettri corologici per le tre porzioni di corso sono riportati in figura 3.

Da Occidente ad Oriente, si notano: una diminuzione delle specie ad



Figura 3 - Spettri corologici della flora del corso padano del Fiume Po. Gli spettri si riferiscono alle seguenti tre porzioni del fiume: occ = occidentale, a monte della confluenza dell'Agogna, med = media, dall'Agogna al Panaro, ori = orientale, a valle della confluenza del Panaro.

ampia distribuzione ed avventizie; una diminuzione del piccolo contingente di specie atlantiche e di quelle nordiche; un aumento delle specie eurasiatiche, delle sudest europee, delle europee, e delle stenome-diterranee. La diminuzione del contingente di specie ad ampia distribuzione ed avventizie è verosimilmente da collegare alla origine

prevalentemente forestale dei dati bibliografici del settore orientale del corso del Po. Gli aumenti o le diminuzioni degli altri elementi corologici sono invece in accordo con la disposizione geografica dell'asse fluviale secondo la direzione Occidente-Oriente. La caduta, lungo il tratto medio, delle specie eurimediterranee è da collegare: per la zona orientale, con l'evidente maggiore mediterraneità dei luoghi, sottolineata dalla presenza delle latifoglie sempreverdi nel Bosco della Mesola, per la zona piemontese, con la vicinanza al fiume delle colline del bacino terziario piemontese. Queste infatti mitigano il carattere continentale del clima rispetto al tratto centrale del Po, posto nel cuore della Padania, lontano dai rilievi prealpini ed appenninici, favorevoli alle specie eurimediterranee.

Vegetazione

Nell'allegato II è riportato il quadro sintassonomico fitosociologico della vegetazione del Po, come risulta dalla bibliografia.

I tipi elencati di vegetazione delle classi *Lemnetea*, *Potamogetonetea* e *Phragmitetea* si sviluppano in acque non soggette all'azione diretta della corrente attiva del fiume; presentano una composizione floristica povera e ripetitiva ed una struttura semplice. Sono in grado di rigenerarsi con rapidità.

I tipi elencati di vegetazione delle classi *Bidentetea tripartiti*, *Artemisietea vulgaris*, *Isoeto-Nanojuncetea* e *Plantaginetea majoris* sono espressione di disturbo antropico diretto e indiretto. Sono esempi di disturbo antropico diretto: il calpestio, il taglio, la bruciatura; sono esempi di disturbo antropico indiretto: l'accumulo di nitrati nel suolo, l'elevata presenza di sostanze chimiche di origine organica, la regimazione e la canalizzazione delle acque. Tali espressioni di vegetazione costituiscono la copertura vegetale prevalente del letto fluviale ed hanno una diversa importanza, come estensione territoriale, in rapporto all'intensità del disturbo antropico o del rimaneggiamento fluviale, ovvero in rapporto alla quantità, profondità e durata della presenza dell'acqua nel substrato di insediamento ed infine del tipo e dimensione dei materiali che formano il substrato stesso.

I tipi elencati della classe *Thlaspietea rotundifolii* sono caratteristici delle situazioni di greto ciottoloso; sovente si mischiano con le specie nitrofile dei tipi appartenenti alle classi *Bidentetea tripartiti* e *Artemisietea vulgaris*; tuttavia da queste si differenziano tanto più marcatamente, quanto più accentuata e prolungata è la carenza idrica nel substrato che popolano durante il periodo vegetativo.

I tipi elencati della classe *Festuco-Brometea*, formano interessanti tappeti erbosi spontanei, discontinui e di piccola taglia: sono ricorrenti sui terrazzi fluviali adiacenti al letto del fiume e sopraelevati di qualche metro rispetto al livello estivo delle acque.

I tipi elencati di vegetazione della classe *Salicetea purpureae* si pongono generalmente a contorno delle acque e delle zone umide in genere. Possono formare sia formazioni boschive biplane, con alberi alti e densi ed un fitto sottobosco di grandi erbe, sia intricate formazioni arbustive, di taglia variabile. Gli arbusteti hanno un'indole decisamente pioniera, che si manifesta pienamente ed efficacemente nella colonizzazione avventurosa di porzioni umide di greto. Qui, infatti, non è raro che essi formino folti nuclei di vegetazione che resistono alla corrente, ne rallentano localmente la velocità e perciò favoriscono la deposizione di materiale alluvionale, fino a costruire isole più o meno temporanee.

I boschi elencati della classe *Alnetea glutinosae* sono legati ad una falda freatica costantemente alta e sono accantonati in situazioni esterne al letto del fiume, come le aree umide alla base dei terrazzi di valle fluviale, o le depressioni meandriiformi interrati, corrispondenti ad antichi alvei, svincolati dalla morfogenesi fluviale attuale. Trattasi di rari boschetti, scampoli di foresta spesso al limite della sopravvivenza perché al di sotto dell'area minima necessaria per sviluppare la loro naturale completezza floristica e strutturale.

I boschi elencati della classe *Querco-Fagetea* si sviluppano su suoli affrancati dalle acque, ma sono sottoposti a sommersione periodica, con tempi di ritorno vari; sono più o meno direttamente influenzati dall'acqua di falda e dalle sue oscillazioni nel tempo, spesso in correlazione con il livello delle acque fluviali. Anche in questo caso, i rarissimi esempi disponibili sono frammenti esangui di mitici e complessi edifici forestali.

I boschi elencati della classe *Quercetea ilicis* hanno una netta impronta mediterranea, indotta dalla vicinanza del bacino adriatico, e si sviluppano su rilievi paleodunali. Sono rari e limitati alla zona prossima al mare.

I dati sulla vegetazione sopra esposti sono decisamente incompleti e, più di quelli riguardanti la flora, sono frutto di ricerche spesso concentrate su affluenti del Po, soprattutto per quanto riguarda le espressioni forestali. Data l'eterogeneità delle tipologie, la loro diversa origine e la loro varia collocazione nelle complesse zonizzazioni spaziali, caratteristiche degli ambiti fluviali, sarebbe arbitraria e fuorviante una elaborazione di tipo statistico-comparativo delle informazioni ecologiche, strutturali, floristiche e sociologiche in esse contenute.

Tuttavia, alcuni tentativi di analisi e di sintesi applicati all'intero corso del Po sono possibili utilizzando la vegetazione forestale, quale espressione di massima evoluzione della vegetazione fluviale e perifluviale, e che perciò costituisce un attendibile punto fermo di riferimento. Quelli usati sono comunque gli unici dati forestali disponibili e ragionevolmente comparabili per tentare una prima sintesi del corso del Po che solca la Pianura Padana.

I rilevamenti fitosociologici che descrivono i boschi considerati sono riuniti nella tabella riportata come allegato III. I boschi sono: bosco di quercia e Carpino della Mandria, indicato con la sigla "Man" (MONTACCHINI F., 1980), boschetto di Farnia e Olmo campestre di Frascarolo, indicato con la sigla "Po2" (BRACCO F. & *al.*, 1984), tre tipi di boschi del Ticino, un quercio-ulmeto umido con pioppi, un quercio-ulmeto mesoigrofilo ed un quercio-ulmeto mesofilo con Carpino, rispettivamente indicati con le sigle "Tic1", "Tic2", "Tic3" (SARTORI F., 1984), due tipi di boschi dell'Adda, un quercio-ulmeto umido con pioppi ed un quercio-ulmeto mesoigrofilo, indicati con le sigle "Ad1", "Ad2" (CAVANI M. R. & *al.*, 1981), boschi di Farnia e Olmo dell'Oglio, indicati con la sigla "Oglio" (SARTORI F. & *al.*, 1981), quercio-ulmeto con pioppi dell'Isola Boschina, indicato con la sigla "Bos" (SARTORI F. & *al.*, 1992), quercio-carpineto del Bosco Fontana, indicato con la sigla "Font" (HOFMANN A., 1981), bosco di Farnia e *Fraxinus oxycarpa* della Foresta Panfilia, indicato con la sigla "Panf" (CORBETTA F. & *al.*, 1974), tre tipi di Bosco della Mesola, un quercio-frassineto, un quercio-carpineto ed una lecceta, rispettivamente indicati con le sigle "Me1", "Me2" e "Me3" (PICCOLI F. & *al.*, 1983), bosco di Farnia, Olmo e Carpino di Carpenedo, indicato con la sigla "Carp" (CANIGLIA G., 1981).

In tabella, il ruolo delle singole specie è quantificato, per ogni tipo, con le classi di presenza. Quando i rilevamenti originali sono in numero inferiore a cinque per ogni tipo rappresentato e, di conseguenza, non è possibile il calcolo della classe di presenza (caso del boschetto di Frascarolo, indicato in tabella come Po2), viene indicata convenzionalmente con il numero arabo 1 la presenza della specie. Tra quelli riportati in tabella, gli unici nuclei boscati posti lungo l'asta del Po sono due e si collocano: uno nei pressi di Frascarolo (Alessandria) e l'altro all'Isola Boschina, presso Ostiglia; gli altri si trovano più o meno prossimi al Po, soprattutto lungo gli affluenti che scendono dalle Alpi, ad eccezione della Foresta Panfilia che si trova lungo un affluente appenninico.

Prendendo come base i dati della tabella I, le elaborazioni hanno riguardato le forme biologiche e gli elementi corologici; nell'intento di acquisire informazioni sulla struttura dei boschi e sul quadro

biogeografico di inserimento del territorio considerato. Per uniformare al massimo la comparazione dei dati, i boschi sono stati ripartiti su base ecologica in umidi (querco-ulmeti e querco-frassineti) e mesofili (querco-carpineti e bosco a dominanza di Leccio della Mesola).

Nel gruppo dei boschi detti mesofili (fig. 4) si hanno spettri biologici abbastanza simili. Le differenze più vistose riguardano le terofite, assenti alla Mesola e le legnose che invece alla Mesola e nel bosco di Carpenedo hanno una presenza percentuale maggiore che negli altri boschi. Le geofite, forma biologica tra le più interessanti per la caratterizzazione di questi boschi, fanno registrare una flessione nel bosco di Carpenedo e nel Bosco Fontana. Comunque, le modeste differenze riscontrate potrebbero essere frutto anche della possibile eterogeneità di origine dei dati, imputabile al diverso numero di rilevamenti descrittivi delle singole realtà forestali, alla stagione del rilevamento ed alla modalità stessa di rilevamento, soprattutto come scelta dell'area; scelta talora comunque obbligata per la ridotta estensione territoriale degli aggruppamenti.

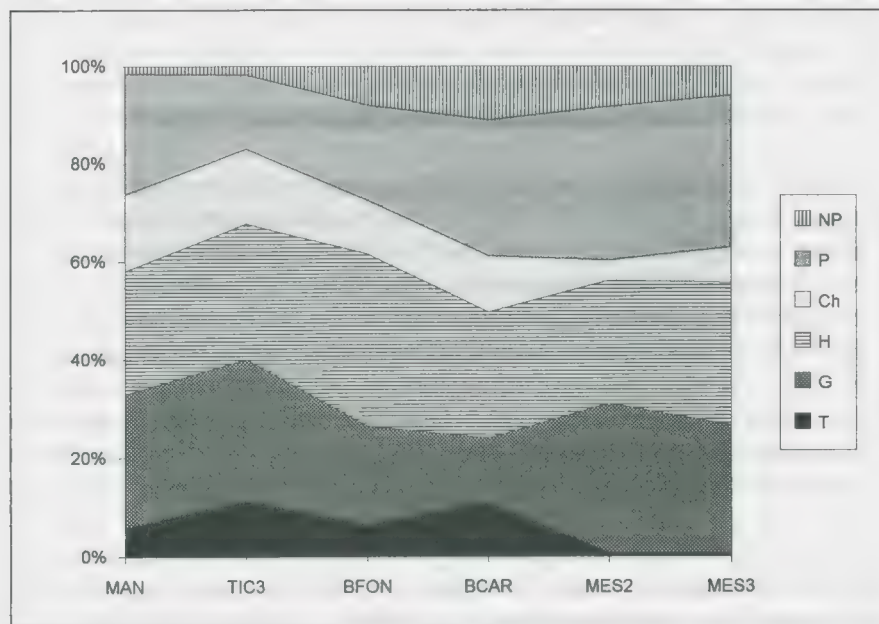


Figura 4 - Spettri biologici dei boschi mesofili (MAN = bosco di quercia e Carpino della Mandria, TIC3 = querco-ulmeti con Carpino del Ticino, BFON = querco-carpineti del Bosco Fontana, BCAR = bosco di Farnia, Olmo e Carpino di Carpenedo, MES2 = querco-carpineti della Mesola, MES3 = lecceta della Mesola).

Nei boschi umidi (fig. 5), pur registrandosi una maggiore variabilità, valgono le stesse considerazioni sopra esposte per i boschi mesofili.

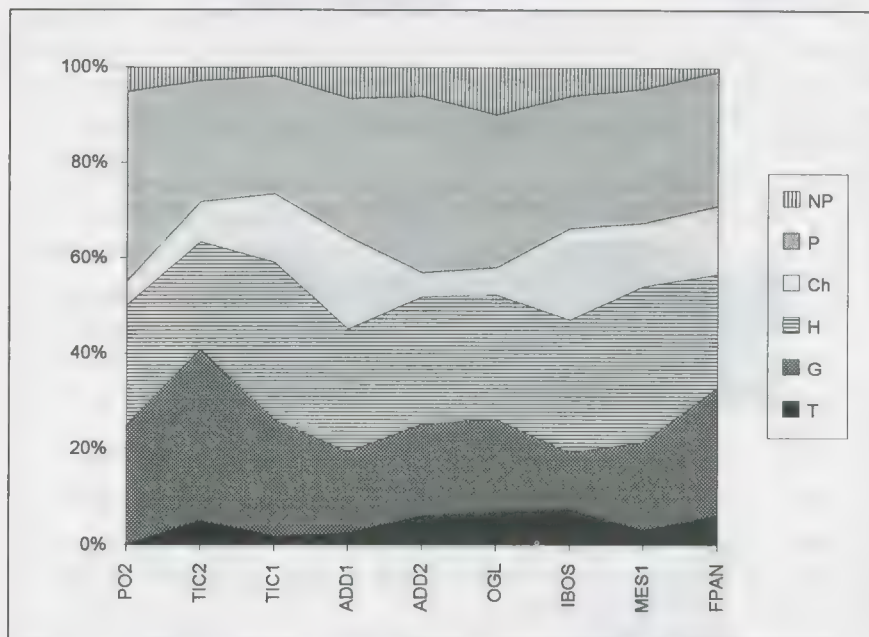


Figura 5 - Spettri biologici dei boschi umidi (PO2 = boschetto di Farnia ed Olmo di Frascarolo, TIC2 = quercio-ulmeti mesoigrofili del Ticino, TIC1 = quercio-ulmeti umidi con pioppi del Ticino, ADD1 = quercio-ulmeti, umidi con pioppi dell'Adda, ADD2 = quercio ulmeti mesoigrofili dell'Adda, OGL = boschi di Farnia e Olmo dell'Oglio, IBOS = quercio-ulmeto umido con pioppi dell'Isola Boschina, MES1 = quercio-frassineti della Mesola, FPAN = quercio-frassineti della Foresta Panfilia).

Gli spettri corologici del gruppo dei boschi umidi (fig. 6) sono abbastanza ben caratterizzati dalla collocazione geografica e dalla situazione ecologica generale. Le specie mediterranee aumentano progressivamente da Ovest ad Est, con comparsa del gruppo delle specie strettamente mediterranee alla Mesola. Le specie nordiche hanno una dilatazione significativa nell'area centrale del corso del fiume e si vanno estinguendo nel delta. Le specie europee ed atlantiche hanno lo stesso andamento tendenziale, pur con qualche eccezione locale. Le specie orofile sudeuropee compaiono solo nei boschi del Ticino e con valori bassissimi. Le avventizie sono più abbondanti nei boschi di piccole dimensioni (boschetto di Frascarolo, Isola Boschina, unici boschi del Po), ove il disturbo floristico legato all'effetto di margine diventa

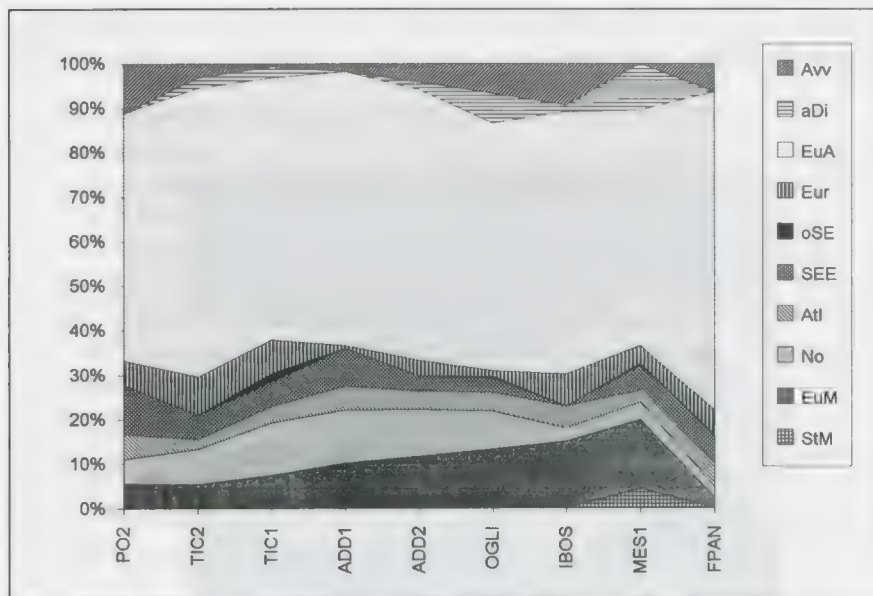


Figura 6 - Spettri corologici dei boschi umidi. Per le sigle degli elementi corologici, vedasi didascalia di figura 2; per le sigle di identificazione dei boschi, vedasi didascalia di figura 5.

maggiormente evidente. Meno facilmente interpretabile il dato delle specie sudeuropee orientali, che non si comportano coerentemente con la loro collocazione geografica che le vorrebbe in aumento nei boschi più ad Est. Va peraltro notato che la via di penetrazione nella Padania, ed in generale nel Sud delle Alpi, delle specie espressione di tale elemento geografico è costituita essenzialmente dalla fascia prealpina e, in subordine preappenninica; per cui il gradiente osservato potrebbe essere la misura dell'allontanamento del corso del Po dalle catene montuose, con interposizione, tra il Po e queste, di ampi spazi antropizzati di difficile penetrazione. Infine, risulta nettamente anomala la Foresta Panfilia, che presenta uno spettro corologico simile a quello dei boschi occidentali. In questo caso, potrebbe giocare un ruolo decisivo il substrato decisamente più argilloso di quello degli altri boschi, per la collocazione della Panfilia in zona di alluvioni di origine appenninica.

Gli spettri corologici dei boschi mesofili (fig. 7) accentuano e amplificano le considerazioni appena fatte riguardo ai boschi umidi; perché, diminuendo il ruolo del fattore acqua nel suolo, viene esaltato quello climatico. Le specie mediterranee hanno un ruolo decisamente

crescente da Ovest a Est; le specie strettamente mediterranee sono fortemente presenti nel delta, ma penetrano lungo il corso del fiume fino nei boschi del Mantovano. Le specie nordiche e le orofile sudeuropee perdono di importanza nei boschi orientali, con scomparsa delle seconde. Le specie continentali eurasiatiche ed europee raggiungono i valori massimi nei boschi del corso centrale del fiume, ed hanno una importante caduta nei boschi del delta. Le specie sudeuropee orientali confermano una disposizione più occidentale che orientale. Le specie ad ampia distribuzione e le avventizie sottolineano al solito l'effetto della marginalità e del disturbo antropico in boschi di ridotte dimensioni, per i quali si hanno pochi rilevamenti.

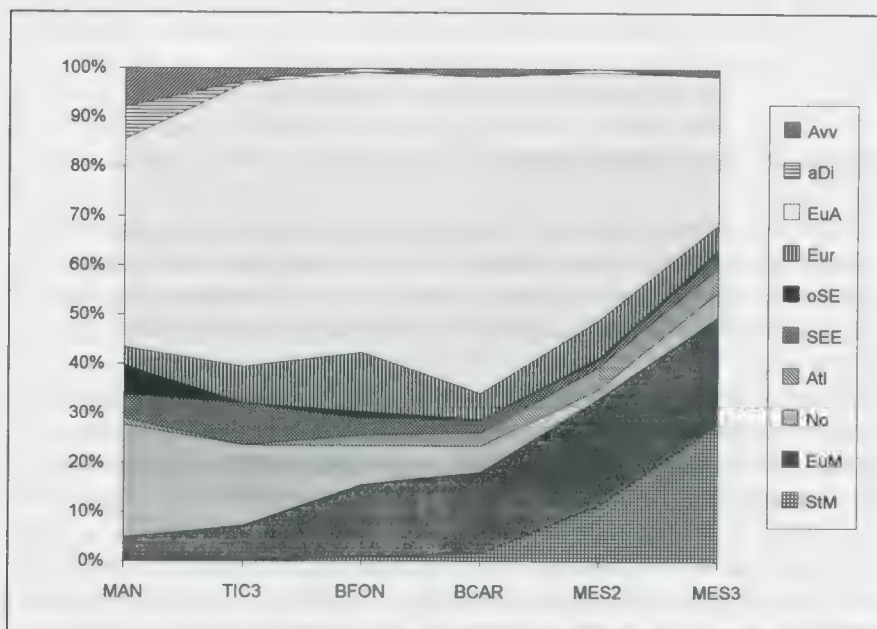


Figura 7 - Spettri corologici dei boschi mesofili. Per il significato delle sigle degli elementi corologici vedasi didascalia di fig. 2; per il significato delle sigle di identificazione dei boschi, vedasi didascalia di fig. 4.

Infine, la tabella dei boschi permette alcune essenziali osservazioni floristiche.

Un buon numero di specie, soprattutto arboree ed arbustive, sono comuni ai boschi considerati; in particolare: *Quercus robur*, *Ulmus minor*, l'onnipresente esotica *Robinia pseudacacia*, *Ligustrum vulgare*, *Crataegus monogyna*, *Corylus avellana*, *Euonymus europaeus*. Altret-

tanto diffuse sono anche un paio di specie lianose: *Hedera helix* e *Clematis vitalba*; ed ancora un paio di erbe: *Rubus caesius* e *Brachypodium sylvaticum*.

Sono specie quasi esclusive dei boschi centro-occidentali: *Populus nigra*, *Alnus glutinosa*, *Convallaria majalis*, *Melica nutans*, *Galeopsis pubescens*, *Asarum europaeum*, *Moehringia trinervia*, *Circaea lutetiana*, *Carex brizoides* e *Asparagus tenuifolius*.

Caratterizzano i boschi orientali le seguenti specie: *Quercus ilex*, *Phyllirea angustifolia*, *Rubia peregrina*, *Asparagus acutifolius*, *Fraxinus ornus*, *Ruscus aculeatus*, *Vincetoxicum hirundinaria*, *Viola hirta*, *Viburnum lantana*, *Coronilla emerus* e *Carex flacca*. Di queste ultime, le entità più schiettamente mediterranee sono presenti, anche con alti valori di copertura, solo nei boschi della Mesola, le altre si spingono fino ai boschi e boschetti del Mantovano.

Dinamismo della vegetazione

Elemento caratterizzante dell'ecologia fluviale è il dinamismo conseguente allo scorrere delle acque ed alle variazioni nel tempo dei regimi idrici, che influenzano la tipologia e la topografia vegetazionale ed il comportamento dell'uomo nei suoi variegati e molteplici rapporti con il fiume.

Le variazioni di corrente comportano, a seconda della intensità, della rapidità e della frequenza delle piene e in funzione del sistema fluviale (intrecciato, meandriforme o misto) sconvolgimenti più o meno importanti, che vanno dalle semplici modificazioni della morfologia del letto del fiume con erosione, spostamento e deposizione dei materiali di diversa pezzatura da un punto all'altro, fino alla erosione delle sponde o, nei casi estremi, a cambiamenti di corso del fiume, che comportano sensibili variazioni geomorfologiche del territorio. Non meno importante l'azione diretta e indiretta dell'uomo, quando agisce sui fattori che modificano il regime e la qualità delle acque, o quando agisce sui sistemi biologici dell'intero bacino idrografico, ovvero, e più direttamente, quando consolida le sponde e canalizza il corso d'acqua.

Un buon modello interpretativo della vegetazione fluviale è stato proposto per l'Ain, affluente del Rodano, da PAUTOU G. & GIREL J. (1986). Questi autori individuano lungo il corso fluviale tre bande giustapposte, riconoscibili anche lungo il corso del Po, con esclusione del tratto montano e di quello terminale del delta.

La prima banda è detta di rigenerazione attiva; in essa il rimaneggiamento dei substrati ha dei tempi di ritorno brevi, al massimo

di qualche anno. È la banda di letto fluviale nudo o ricoperto da vegetazione soprattutto erbacea, ma con isole di bassi salici nelle zone meno direttamente interessate dalla corrente ordinaria, espressione dei primi stadi evolutivi legnosi. I tipi di vegetazione della banda di rigenerazione attiva si ripropongono dopo ogni rimaneggiamento di substrato, di norma in una posizione spaziale diversa dalla precedente.

La seconda banda è detta di rigenerazione attuale ed è caratterizzata da stadi dinamici vegetazionali ben più evoluti della precedente e relativamente stabili, che hanno superato la soglia della irreversibilità. Eventuali fenomeni di regressione possono essere solo conseguenti alla demolizione ed asporto dei substrati di insediamento della vegetazione. La tipologia degli aggruppamenti vegetali presenta una ampia gamma di variabilità: da quelle strettamente acquatiche delle depressioni con acque "morte", con idrofite, elofite, cariceti e canneti, agli arbusteti degli stadi dinamici preforestali più o meno influenzati dall'acqua di falda, con salici, pioppi, Pado e, localmente, Olmo e Ontano nero. La disposizione spaziale di tali aggruppamenti è sempre complessa e può essere interpretata solo attraverso la ricostruzione storica delle variazioni di corso fluviale intervenute nel tempo (SARTORI F. & BRACCO F., 1993).

La terza ed ultima banda è detta di rigenerazione antica ed è solo parzialmente toccata dalle piene del fiume. La vegetazione è data da stadi dinamici in lenta evoluzione verso cenosi complesse e stabili. Qui si giustappongono situazioni molto diverse, espressioni della profondità della falda freatica: agli estremi edafici termoxerici si trovano comunità legnose aperte dei *Prunetalia spinosae* e le praterie dei *Festuco-Brometea*. Agli estremi molto umidi vi sono comunità rappresentate da boschi igrofilo di Ontano nero e da boschi mesoigrofilo di quercia ed olmo.

Gli effetti del dinamismo fluviale sulla vegetazione sono noti solo per porzioni limitate del Po (fig. 8) e per alcuni affluenti (BRACCO F. & SARTORI F., 1993, BRACCO F. (in pubbl.), BRACCO F. & al., 1984, PIROLA A., 1968, SARTORI F. & BRACCO F., 1993). Manca un sistema generale di interpretazione estensibile a tutta l'asta fluviale, che mostri le relazioni tra i vari tipi di vegetazione in funzione dei rapporti spazio-temporali con i fattori naturali o artificialmente indotti che influiscono sulla evoluzione del fiume.

In particolare, un recente studio sulla vegetazione della banda di rigenerazione attiva e, in parte, della banda di rigenerazione attuale del Po, BRACCO F. & SARTORI F. (1993) e ancora BRACCO F. (in pubbl.) hanno cercato di evidenziare e quantificare gli effetti del complesso dei fattori dinamici antropici e naturali, nel tratto di fiume corrispondente alla provincia di Pavia e per il decennio 1980-1990, con uno studio

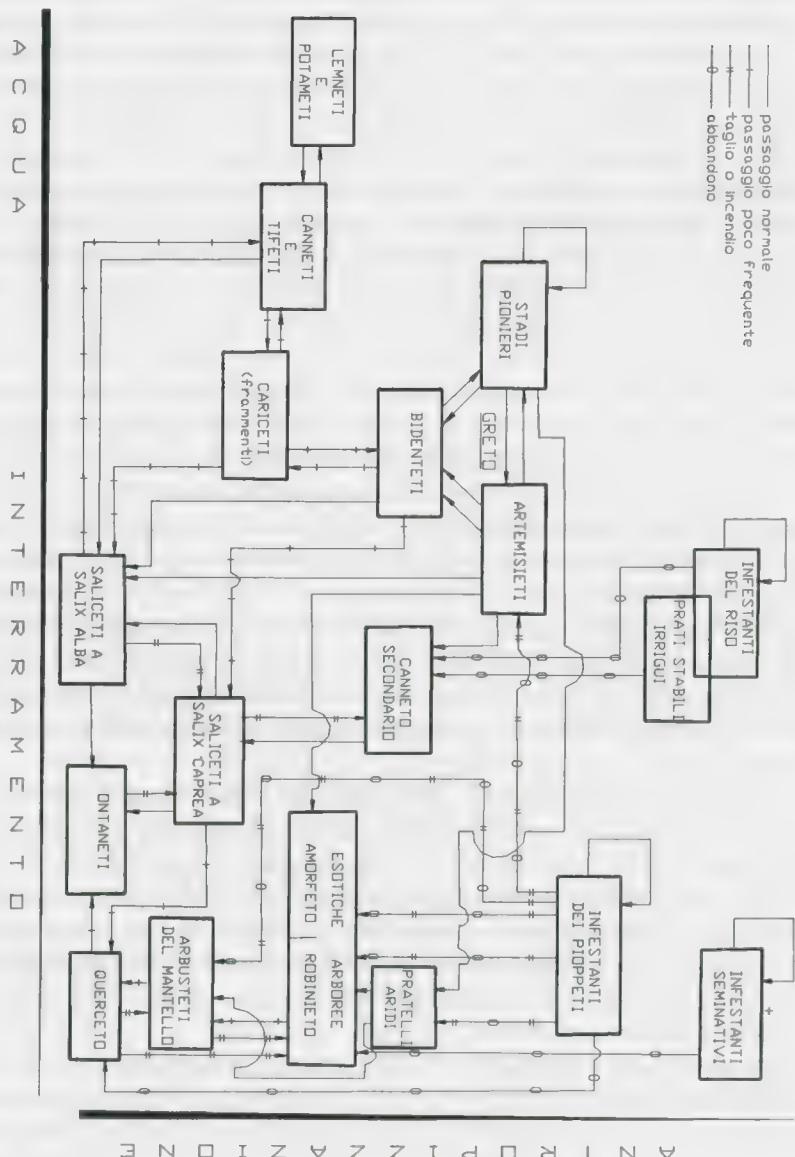


Figura 8 - Rapporti dinamici tra le varie espressioni di vegetazione rilevate lungo il Po tra la confluenza Tanaro e Scrivia (BRACCO F. & al., 1984).

basato sul confronto di carte della vegetazione rilevate alla fine ed all'inizio di tale periodo, nel tratto compreso tra gli argini maestri. È stato possibile rilevare una diminuzione netta dell'estensione della vegetazione naturale risultante dalla concorrenza di due fenomeni: da un lato la riduzione brusca di tali aree nella parte di golena sottratta permanentemente all'azione delle correnti fluviali per costruzione di difese di sponda ed arginature, dall'altro l'espansione della vegetazione nell'ambito dell'alveo attuale. Mentre non si pone in discussione il collegamento tra aumento dello sfruttamento agricolo del territorio fuori alveo e riduzione dell'estensione della vegetazione naturale, la ricerca delle cause delle trasformazioni incorse all'interno dell'alveo attuale richiama l'esistenza di più fenomeni coagenti. In primo luogo la costruzione di difese di sponda, nel tratto di Po considerato, non ha ancora comportato una completa canalizzazione dello stesso e questo permette la genesi e la conservazione di una serie ricca di ambienti di greto soggetti ad una possibile evoluzione dinamica della copertura vegetale. Secondariamente, le acque del Po impongono una fertilizzazione marcata dei terreni su cui insistono avvantaggiando lo sviluppo dei consorzi di specie nitrofile della vegetazione dei greti. Infine un'apparente diminuzione del livello delle acque, legata all'abbassamento dei fondali o anche alla diminuzione delle portate, ha favorito un'evoluzione in senso dinamicamente progressivo della vegetazione presente sui greti rimasti sollevati. In presenza della incidenza dell'azione diretta delle correnti fluviali si realizza, compatibilmente con il trend dinamico complessivo, una sostanziale conservazione della tipologia vegetazionale esistente sia pure nella profonda trasformazione dei siti individuali. Nella golena ad esse sottratta in modo permanente, si è invece realizzata una netta riduzione di tutti i tipi vegetazionali considerati, naturali e paraturali, rimpiazzati sistematicamente ed univocamente dall'espansione delle colture.

Valori disvalori e valorizzazione del Po

Un elemento di pregio del Po è la lunghezza, che consente lo sviluppo di una buona varietà di manifestazioni biogeografiche, concatenate nel graduale passaggio dagli aspetti occidentali di vegetazione improntati dalla componente continentale, variamente temperata dall'influsso submediterraneo od atlantico, agli aspetti orientali, più decisamente mediterranei. In tale contesto, le espressioni di vegetazione di spicco naturalistico sono: gran parte degli aggruppamenti acquatici, i saliceti, i rarissimi boschi ed i pratelli aridi. Per la maggior parte, esse occupano

aree di dimensioni vicine o inferiori a quella minima vitale, per cui si trovano in una situazione precaria, al limite della sopravvivenza.

I tipi di vegetazione con minor valore naturalistico sono le coltivazioni e gli aggruppamenti legnosi o erbacei di esotiche, purtroppo dominanti lungo tutto il corso del fiume.

Appariscente e grave è l'assenza di boschi sacrificati alle coltivazioni soprattutto di pioppi. I pioppeti sono un problema scientifico, agronomico ed economico, data la loro ingombrante presenza lungo il fiume. In particolare va verificato se il pioppeto sia la forma di uso ideale delle aree golenali, perché favorisce il rapido deflusso delle acque di piena (BENINI G., CERUTTI G., DE PHILIPPIS A., GERBELLA E. & VALENZIANO S., 1979); mentre le aree non coltivate sarebbero di ostacolo al deflusso stesso. Per alcune porzioni del corso fluviale potrebbe ipotizzarsi un arretramento della coltivazione al fine di offrire un minimo spazio alla vegetazione naturale, soprattutto forestale. Inoltre, circa le modalità di coltivazione dei pioppi, recenti indagini hanno dimostrato che il diserbo meccanico delle interfila, se praticato in modo non estensivo su tutta la superficie coltivata, ma lasciando, con opportune rotazioni, aree "sporche", favorisce notevolmente la diversificazione dei popolamenti, soprattutto animali. Perlomeno entro la fascia di validità della legge Galasso, si potrebbe imporre tale pratica.

Per rivitalizzare la componente naturale è necessario dare spazio al fiume, attraverso una strategia di pianificazione nell'uso delle difese, che individui anticipatamente e per tempo le aree ove instaurare una politica di severo e canalizzato governo delle acque e quelle dove arretrare le difese per allargare la banda attiva del fiume.

Le potenzialità turistiche e ricreative potrebbero essere incentivate attrezzando aree non solo idonee a razionalizzare l'uso delle sponde fluviali, ma immergendo tali strutture in ambienti di buoni contenuti naturalistici, sia per il decoro del fiume, sia per l'osservazione della natura.

A distanze variabili dal letto del fiume sono talora presenti, in un contesto ambientale completamente artificializzato, reliquati di biotopi naturali. Generalmente sono di piccole dimensioni, spesso sono prossimi all'area minima vitale di sopravvivenza; tuttavia conservano un'accettabile livello di naturalità. Le tipologie sono varie e generalmente sono espressione della disponibilità di acqua; possono essere: modesti corpi d'acqua stagnante e zone umide in genere, piccole cenosi arbustive, gruppi di pochi alberi, pratelli aridi, o anche lanche. Elemento comune a tutti questi tipi è, oltre alla condizione relittuale, la bassissima probabilità che essi possano mantenersi nell'immediato futuro. Persi questi ultimi serbatoi di specie naturali, verrebbe a mancare gran parte

del materiale biologico locale sul quale fare affidamento in caso di azioni di riqualificazione ambientale.

Primo passo per la salvaguardia di tali ambienti è un loro censimento, accompagnato da un'opera di sensibilizzazione presso gli organi di controllo e sorveglianza del territorio affinché siano in prima istanza mantenuti e secondariamente potenziati, favorendone l'aggregazione ove se ne registri una densità relativamente alta, con la rapida ricostruzione di ambienti naturali di alto valore naturalistico.

Una corretta e sicura valorizzazione del Po deve fondarsi su basi scientifiche certe. Sono di seguito proposti alcuni temi di interesse geobotanico che, incrociati con le indagini di altre discipline, potrebbero costituire un efficace supporto alla corretta gestione del fiume.

- Colmare i vuoti di conoscenza di flora e vegetazione, chiarendo i complessi rapporti dinamici e spaziali esistenti tra le formazioni vegetali.
- Descrivere la genesi delle comunità vegetali ed individuare i livelli accettabili di stabilità e maturità.
- Indagare i processi di ingresso e di diffusione delle specie vegetali esotiche e le cause che ne determinano lo stabile inserimento nei sistemi biologici; seguiti dalla messa a punto di strategie di lotta, quando si rivelano dannose alla vegetazione naturale (ne è esempio la distruttiva invasione dei saliceti da parte di *Sicyos angulatus*).
- Individuare, e non è problema da poco, la scala di rappresentazione mentale o anche reale, alla quale si deve ricorrere per cogliere il fiume nella sua interezza ed organicità, senza rincorrere i particolari dispersivi o anche fuorvianti, ma nel contempo, senza svilirlo in un modello riassuntivo generico e di poca informazione.

BIBLIOGRAFIA*

- BENINI G., CERUTTI G., DE PHILIPPIS A., GERBELLA E. & VALENZANO S. (1979), *Influenza dei pioppeti e di altri tipi di vegetazione sul deflusso delle acque nelle golene del medio Po*. Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, Collana Verde, **50**, 1-41.
- BRACCO F. (1981), *Note sulla vegetazione acquatica e palustre della bassa valle del Ticino*. Not. Fitosoc. **17**, 55-68.
- BRACCO F. (in stampa), *Variazioni del paesaggio vegetale nella golena del Fiume Po*. Coll. Phytosoc.
- BRACCO F. & SARTORI F. (1993), *Vegetazione perifluviale: conservazione degli habitat e dei loro meccanismi genetici, l'esempio del Po in Lombardia*. Acqua e Aria, **6/7**, 761-765.
- BRACCO F., SARTORI F. & TERZO V. (1984), *Indagine geobotanica per la valutazione di un'area della Bassa Padania occidentale*. Atti Ist. Bot. Lab. Critt. Univ. Pavia, s.7, **3**, 5-5.
- CANIGLIA G. (1981), *Il bosco di Carpenedo (Venezia)*. Lavori Soc. Ven. Sc. Nat. **6**, 151-158.
- CAVANI M. R., SARTORI F. & ZUCCHETTI R. (1981), *I boschi planiziali del basso corso dell'Adda*. Not. Fitosoc. **17**, 19-26.
- CORBETTA F. & CENSONI ZANOTTI L. (1974), *La Foresta Panfilia: caratteristiche fitosociologiche e strutturali*. Arch. Bot. Biogeogr. Ital., **50**, s.IV, 19(3/4), 159-170.
- CORBETTA F. & ZANOTTI CENSONI A. (1977), *Cenosi macrofitiche*, in: «Indagine sulla qualità delle acque del Po». Quaderni IRSA, **32**, 679-722.
- HOFFMANN A. (1981), *Ecologia degli ambienti golenali e il querceto planiziaro "Bosco Fontana"*. Not. Fitosoc., **17**, 1-9.
- DE MARCHI A., ZANOTTI CENSONI A., CORBETTA F. & GHETTI P.F. (1979), *Cenosi macrofitiche alveali del Torrente Parma in rapporto alla morfologia e tipologia dei sedimenti*. Ateneo Parmense, Acta Nat., **15**, 221-240.
- MONTACCHINI F. (1980), *Vegetazione*, in: «La Mandria». Reg. Piemonte, Ass. Pianif. Terr. Parchi Nat., **13**, 15-31.
- MONTANARI GUIDO M.A. & MONTANARI C. (1988), *Rassegna delle conoscenze botaniche dei corsi d'acqua italiani. I parte*. Boll. Mus. St. Nat. Lunigiana, **6-7**, 109-114.

* Gli autori ringraziano la dott. Silvia ASSINI per il prezioso contributo nella ricerca.

- MONTANARI GUIDO M.A. & MONTANARI C. (1988), *Rassegna delle conoscenze botaniche dei corsi d'acqua italiani. II parte*. Boll. Mus. St. Nat. Lunigiana, **6-7**, 115-122.
- MONTELLUCCI G. (1950), *Fitocenosi esotiche sul Po*. N. Giorn. Bot. Ital.(n.s.), **55**, 69-693.
- OSTELLINO I. (1987), *Flora della Riserva Naturale della Garzaia di Valenza (Piemonte, Alessandria)*. Riv. Piem. St. Nat., **8**, 123-136.
- PAUTOU G. & GIREL J. (1986), *La végétation de la basse plaine del l'Ain: organisation spatial et evolution*. Doc. Cart. Ecol., **29**, 75-96.
- PIGNATTI S. (1957a), *La vegetazione delle risaie pavese (studio fitosociologico)*. Atti Ist. Bot. Lab. Critt. Univ. Pavia, s. 5, **12**, 243-319.
- PIGNATTI S. (1957b), *La vegetazione messicola delle colture di frumento, segale, avena della provincia di Pavia*. Arch. Bot. Biogeogr. Ital., **33**, 1-77.
- PIGNATTI S. (1982), *Flora d'Italia*. Bologna.
- PICCOLI F., GERDOL R. & FERRARI C. (1983), *Carta della vegetazione del Bosco della Mesola (Ferrara)*. Atti Ist. Bot. Lab. Critt. Univ. Pavia, s. 7, **2**, 3-23.
- PIROLA A. (1968), *Appunti sulla vegetazione dei meandri del Ticino*. Not. Fitosoc., **5**, 1-23.
- PIROLA A. & ROSSETTI A. (1974), *Polygono-Xanthietum italicum ass. nova, vegetazione di greto del corso medio del Reno*. Not. Fitosoc., **8**, 15-27.
- SACCO T. (1962), *Contributo allo studio della florula del "Po morto" presso Lombriasco (Torino)*. Webbia, XVI, **2**, 433-438.
- SARTORI F. (1984), *Les forêts alluviales de la basse vallée du Tessin (Italie du Nord)*. Coll. Phytosoc. **9**, 201-216.
- SARTORI F. & BRACCO F. (1993), *Foreste e fiumi nel bacino padano del Po*. Acqua Aria, **7**, 751-760.
- SARTORI F. & ZUCCHI C. (1981), *Relitti di vegetazione forestale lungo il corso planiziario del fiume Oglio (Italia settentrionale)*. Not. Fitosoc., **17**, 11-17.
- SARTORI F. & TERZO V. (1992), *Flora e Vegetazione*, in: «Riserva naturale regionale Isola Boschina- Studio interdisciplinare e piano della riserva. Reg. Lomb., Az. Reg. For.», 28-37.
- SBURLINO G., SCOPPOLA A. & MARCHIORI S. (1985), *Contributo alla conoscenza degli ambienti umidi della Pianura Padana orientale: la Classe Lemnanea minoris R.Tx. 1955 em. Schw. et R.Tx. 1981*. Not. Fitosoc. **21**, 61-70.
- TOMASELLI R. & GENTILE S. (1971), *La riserva naturale integrale Bosco Siro Negri dell'Università di Pavia*. Atti Ist. Bot. Lab. Critt. Univ. Pavia, s.6, **7**, 40-47.

- TOMASELLI R. (1958), *Osservazioni fitosociologiche sulle pioppete padane*, in: «PIGNATTI S. & PIGNATTI WIKUS E.: Terza escursione fitosociologica internazionale (Pavia 21-26 Luglio 1957)», Arch. Bot. Biogeogr., vol. XXXIV, 4° serie, vol. III 1-2, 53-62.
- ZUCCHETTI R., CAVANI M.R. & TERZO V. (1986), *Contributo alla flora del tratto inferiore dell'Adda (Lombardia)*. Atti Ist. Bot. Lab. Critt. Univ. Pavia, serie 7, 5, 57-109.
- ZUCCHI C. (1978), *Contributo alla conoscenza della flora bresciana. I. Flora vascolare della valle del fiume Oglio nell'Orceano*. Natura Bresciana, Ann. Mus. Civ. Stor. Nat. Brescia, 15, 139-168.

ALLEGATO I

Elenco floristico

L'elencazione segue l'ordine di PIGNATTI (1982). La colonna di destra indica se la specie è data rispettivamente per la porzione occidentale (occ), media (med), orientale (ori) del Fiume Po, secondo i criteri di suddivisione esposti nel testo.

*PTERIDOPHYTA***Equisetaceae**

Equisetum ramosissimum Desf.

- occ -

Equisetum palustre L.

- occ - ori -

Equisetum arvense L.

- occ - med -

Equisetum telmateja Ehrh.

- occ -

Hypolepidaceae

Pteridium aquilinum (L.) Kuhn

- occ - med - ori -

Thelypteridaceae

Thelypteris palustris Schott

- occ - ori -

Athyriaceae

Athyrium filix foemina (L.) Roth

- occ -

Aspidiaceae

Dryopteris filix-mas (L.) Schott

- ori -

Marsileaceae

Marsilea quadrifolia L.

- occ - med -

Salviniaceae

Salvinia natans (L.) All.

- occ -

Azollaceae

Azolla caroliniana Willd.

- occ -

*GYMNOSPERMAE***Pinaceae**

Picea excelsa (Lam.) Link

- culta -

Pinus pinea L.

- ori -

Cupressaceae

Chamaecyparis lawsoniana (Murray) Parl.

- culta -

Juniperus communis L.

- ori -

*ANGIOSPERMAE***Salicaceae**

Salix pentandra L.

- occ -

Salix fragilis L.

- occ - med -

Salix alba L.

- occ - med - ori -

Salix triandra L.

- occ -

Salix cinerea L.

- occ -

<i>Salix caprea</i> L.	- occ -
<i>Salix viminalis</i> L.	- occ -
<i>Salix elaeagnos</i> Scop.	- occ - med - ori -
<i>Populus alba</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Populus canescens</i> (Aiton) Sm.	- occ -
<i>Populus tremula</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Populus nigra</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Populus deltoides</i> Marshall	- culta -
<i>Populus canadensis</i> L.	- occ - med -
Juglandaceae	
<i>Juglans regia</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Juglans nigra</i> L.	- med - ori -
Betulaceae	
<i>Betula pendula</i> Roth	- occ -
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertner	- occ - med - ori -
Corylaceae	
<i>Carpinus betulus</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Carpinus orientalis</i> Miller	- ori -
<i>Corylus maxima</i> Miller	- occ -
<i>Corylus avellana</i> L.	- occ - med - ori -
Fagaceae	
<i>Castanea sativa</i> Miller	- ori -
<i>Quercus ilex</i> L.	- ori -
<i>Quercus cerris</i> L.	- occ - ori -
<i>Quercus petraea</i> (Mattuschka) Liebl.	- occ - ori -
<i>Quercus robur</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Quercus pubescens</i> Willd.	- med -
Ulmaceae	
<i>Ulmus minor</i> Miller	- occ - med - ori -
Moraceae	
<i>Broussonetia papyrifera</i> (L.) Vent.	- occ -
<i>Morus nigra</i> L.	- occ -
<i>Morus alba</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Ficus carica</i> L.	- culta -
Cannabaceae	
<i>Humulus lupulus</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Humulus scandens</i> (Lour.) Merrill	- occ - med -
Urticaceae	
<i>Urtica dioica</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Urtica urens</i> L.	- occ -
<i>Parietaria officinalis</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Parietaria diffusa</i> M. et K.	- occ -
Santalaceae	
<i>Thesium linophyllon</i> L.	- occ -

Aristolochiaceae

<i>Asarum europaeus</i> L.	- med - ori -
<i>Aristolochia clematitis</i> L.	- occ - med -
<i>Aristolochia pallida</i> Willd.	- med -

Polygonaceae

<i>Polygonum aviculare</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Polygonum rurivagum</i> Jordan	- occ -
<i>Polygonum mite</i> Schrank	- occ - med -
<i>Polygonum hydropiper</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Polygonum lapathifolium</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Polygonum persicaria</i> L.	- occ - med -
<i>Polygonum amphibium</i> L.	- occ -
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Holub	- occ -
<i>Fallopia dumetorum</i> (L.) Holub	- occ -
<i>Rumex tenuifolius</i> (Wallr.) Löve	- occ -
<i>Rumex acetosa</i> L.	- occ -
<i>Rumex acetosella</i> L.	- occ -
<i>Rumex scutatus</i> L.	- occ -
<i>Rumex hydrolapathum</i> Hudson	- occ -
<i>Rumex crispus</i> L.	- occ -
<i>Rumex conglomeratus</i> Murray	- occ - med -
<i>Rumex pulcher</i> L.	- occ -
<i>Rumex obtusifolius</i> L.	- occ - med -
<i>Rumex palustris</i> Sm.	- med -

Chenopodiaceae

<i>Chenopodium botrys</i> L.	- occ - med -
<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	- occ -
<i>Chenopodium glaucum</i> L.	- occ -
<i>Chenopodium rubrum</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Chenopodium polyspermum</i> L.	- occ -
<i>Chenopodium urbicum</i> L.	- occ -
<i>Chenopodium opulifolium</i> Schrader	- med -
<i>Chenopodium album</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Cycloloma atriplicifolia</i> (Sprengel) Coulter	- med - ori -
<i>Atriplex latifolia</i> Wahlenb.	- occ -
<i>Corispermum marschallii</i> Steven	- med -
<i>Corispermum leptopterum</i> (Asch.) Iljin	- med - ori -

Amaranthaceae

<i>Amaranthus chlorostachys</i> Willd.	- occ - med - ori -
<i>Amaranthus cruentus</i> L.	- occ -
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Amaranthus albus</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Amaranthus graecizans</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Amaranthus deflexus</i> L.	- occ -

Phytolaccaee

<i>Phytolacca americana</i> L.	- occ - med -
--------------------------------	---------------

Molluginaceae

Mollugo verticillata L.

- occ -

Portulacaceae

Portulaca oleracea L.

- occ - med - ori -

Caryophyllaceae

Arenaria serpyllifolia L.

- occ -

Moehringia trinervia (L.) Clairv.

- occ - med -

Stellaria media (L.) Vill.

- occ - med - ori -

Holosteum umbellatum L.

- occ -

Cerastium glomeratum Thuill.

- occ - ori -

Cerastium glutinosum Fries

- occ -

Cerastium semidecandrum L.

- occ -

Myosoton aquaticum (L.) Moench

- occ -

Herniaria glabra L.

- occ -

Herniaria hirsuta L.

- occ -

Lychnis flos-cuculi L.

- occ -

Silene vulgaris (Moench) Garcke

- occ -

Silene alba (Miller) Krause

- occ - med -

Cucubalus baccifer L.

- occ - med -

Gypsophila muralis L.

- occ - med -

Saponaria officinalis L.

- occ -

Petrorhagia saxifraga (L.) Link

- occ -

Petrorhagia prolifera (L.) P. W. Ball et Heywood

- occ -

Nymphaeaceae

Nymphaea alba L.

- occ - med - ori -

Nuphar luteum (L.) S. et S.

- occ - med - ori -

Nelumbo nucifera Gaertner

- occ - med -

Ceratophyllaceae

Ceratophyllum demersum L.

- occ - med - ori -

Ranunculaceae

Helleborus foetidus L.

- med -

Helleborus viridis L.

- med -

Nigella arvensis L.

- occ -

Isopyrum thalictroides L.

- med -

Anemone nemorosa L.

- occ - med - ori -

Anemone ranunculoides L.

- med - ori -

Hepatica nobilis Miller

- med - ori -

Clematis flammula L.

- ori -

Clematis vitalba L.

- ori -

Clematis viticella L.

- med - ori -

Ranunculus acris L.

- occ - med -

Ranunculus lanuginosus L.

- ori -

Ranunculus repens L.

- occ - med -

Ranunculus bulbosus L.

- med -

Ranunculus ficaria L.

- occ - med - ori -

Ranunculus auricomus L.

- ori -

<i>Ranunculus sceleratus</i> L.	- occ -
<i>Ranunculus aquatilis</i> L.	- occ -
<i>Ranunculus trichophyllus</i> Chaix	- occ -
<i>Ranunculus circinatus</i> Sibth.	- occ -
<i>Ranunculus penicillatus</i> (Dumort.) Bab.	- occ -
<i>Thalictrum aquilegifolium</i> L.	- med -
<i>Thalictrum flavum</i> L.	- occ -
Berberidaceae	
<i>Berberis vulgaris</i> L.	- med - ori -
Guttiferae	
<i>Hypericum tetrapterum</i> Fries	- occ -
<i>Hypericum perforatum</i> L.	- occ - med -
Lauraceae	
<i>Laurus nobilis</i> L.	- culta -
Magnoliaceae	
<i>Magnolia grandiflora</i> L.	- culta -
<i>Magnolia obovata</i> Thunb.	- culta -
Papaveraceae	
<i>Papaver rhoeas</i> L.	- occ - med -
<i>Papaver dubium</i> L.	- occ - med -
<i>Papaver argemone</i> L.	- occ - med -
Capparidaceae	
<i>Polanisia dodecandra</i> (L.) DC.	- occ -
Cruciferae	
<i>Sisymbrium orientale</i> L.	- occ -
<i>Alliaria petiolata</i> (Bieb.) Cavara et Grande	- occ - med - ori -
<i>Arabidopsis thaliana</i> (L.) Heynh.	- occ -
<i>Barbarea vulgaris</i> R. Br.	- occ -
<i>Rorippa amphibia</i> (L.) Besser	- occ - med - ori -
<i>Rorippa prostrata</i> (Bergeret) Sch. et Th.	- occ -
<i>Rorippa sylvestris</i> (L.) Besser	- occ - med - ori -
<i>Rorippa islandica</i> (Oeder) Borbas	- occ -
<i>Rorippa palustris</i> (L.) Besser	- occ - med -
<i>Rorippa pyrenaica</i> (Lam.) Rchb.	- occ -
<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.	- occ -
<i>Cardamine amara</i> L.	- occ -
<i>Cardamine hirsuta</i> L.	- occ - med -
<i>Alyssum alyssoides</i> (L.) L.	- occ -
<i>Erophila verna</i> (L.) Chevall.	- occ -
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medicus	- occ - med -
<i>Thlaspi alliaceum</i> L.	- occ -
<i>Thlaspi perfoliatum</i> L.	- med -
<i>Lepidium virginicum</i> L.	- occ -
<i>Diplotaxis tenuifolia</i> (L.) DC.	- occ - med -
<i>Brassica napus</i> L.	- med -

<i>Brassica rapa</i> L.	- med -
<i>Sinapis arvensis</i> L.	- occ -
<i>Erucastrum nasturtiifolium</i> (Poirot) O. E. Schulz	- occ -
<i>Rapistrum rugosum</i> (L.) All.	- occ -
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	- occ - med -
Resedaceae	
<i>Reseda lutea</i> L.	- occ -
Platanaceae	
<i>Platanus hybrida</i> Brot.	- med - ori -
Crassulaceae	
<i>Sedum rupestre</i> L.	- occ -
<i>Sedum acre</i> L.	- occ -
<i>Sedum sexangulare</i> L.	- occ -
<i>Sedum album</i> L.	- occ -
Saxifragaceae	
<i>Saxifraga tridactylites</i> L.	- occ -
<i>Hydrangea macrophylla</i> (Thunb.)DC.	- culta -
Rosaceae	
<i>Spiraea japonica</i> L.	- occ -
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	- occ -
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	- occ - med - ori -
<i>Rubus canescens</i> DC.	- occ -
<i>Rubus hirtus</i> W. et K.	- occ - ori -
<i>Rubus caesius</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Rosa canina</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Rosa gallica</i> L.	- occ -
<i>Rosa arvensis</i> Hudson	- ori -
<i>Agrimonia eupatoria</i> L.	- occ - med -
<i>Sanguisorba minor</i> Scop.	- occ -
<i>Geum urbanum</i> L.	- occ - ori -
<i>Potentilla recta</i> L.	- occ - med -
<i>Potentilla tabernaemontani</i> Asch.	- occ -
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Rauschel	- occ -
<i>Potentilla reptans</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Fragaria vesca</i> L.	- occ -
<i>Fragaria moschata</i> Duchesne	- occ -
<i>Duchesnea indica</i> (Andrews) Focke	- occ -
<i>Aphanes arvensis</i> L.	- occ - med
<i>Cydonia oblonga</i> Miller	- med -
<i>Pyrus pyrastrer</i> Burgsd.	- occ - ori
<i>Pyrus communis</i> L.	- med -
<i>Malus sylvestris</i> Miller	- occ - med - ori -
<i>Malus domestica</i> Borkh.	- culta -
<i>Sorbus domestica</i> L.	- ori -
<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz	- ori -
<i>Pyracantha coccinea</i> M.J.Roemer	- ori -

<i>Mespilus germanica</i> L.	- ori -
<i>Crataegus oxyacantha</i> L.	- med - ori -
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	- occ - med - ori -
<i>Prunus spinosa</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Prunus avium</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Prunus padus</i> L.	- med -

Leguminosae

<i>Albizzia julibrissin</i> (Willd.) Durazzo	- culta -
<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	- med -
<i>Genista germanica</i> L.	- occ -
<i>Robinia pseudacacia</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Galega officinalis</i> L.	- occ -
<i>Amorpha fruticosa</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Apios americana</i> Medicus	- occ - med -
<i>Vicia dumetorum</i> L.	- occ -
<i>Vicia pisiformis</i> L.	- occ -
<i>Vicia cracca</i> L.	- occ -
<i>Vicia disperma</i> DC.	- occ -
<i>Vicia sativa</i> L.	- occ -
<i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh.	- ori -
<i>Lathyrus sphaericus</i> Retz.	- occ -
<i>Ononis natrix</i> L.	- occ -
<i>Ononis spinosa</i> L.	- occ -
<i>Melilotus alba</i> Medicus	- occ -
<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pallas	- occ -
<i>Medicago lupulina</i> L.	- occ - med -
<i>Medicago sativa</i> L.	- occ -
<i>Medicago minima</i> (L.) Bartal.	- occ -
<i>Trifolium repens</i> L.	- occ - med -
<i>Trifolium fragiferum</i> L.	- occ -
<i>Trifolium campestre</i> Schreber	- occ - med -
<i>Trifolium scabrum</i> L.	- occ -
<i>Trifolium pratense</i> L.	- occ - med -
<i>Dorycnium pentaphyllum</i> Scop.	- med -
<i>Lotus corniculatus</i> L.	- occ - med -
<i>Lotus uliginosus</i> Schkuhr	- occ -
<i>Coronilla emerus</i> L.	- ori -
<i>Coronilla minima</i> L.	- ori -
<i>Coronilla varia</i> L.	- occ -
<i>Hippocrepis comosa</i> L.	- occ -

Oxalidaceae

<i>Oxalis corniculata</i> L.	- occ -
<i>Oxalis fontana</i> Bunge	- occ - med -
<i>Oxalis acetosella</i> L.	- med -
<i>Oxalis amoena</i> Salisb.	- occ -

Geraniaceae

<i>Geranium nodosum</i> L.	- occ -
<i>Geranium rotundifolium</i> L.	- occ -
<i>Geranium columbinum</i> L.	- occ -
<i>Geranium dissectum</i> L.	- occ -
<i>Geranium robertianum</i> L.	- occ -
<i>Erodium ciconium</i> (L.) L'Her.	- occ -
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.	- occ -

Linaceae

<i>Linum bienne</i> Miller	- occ -
----------------------------	---------

Euphorbiaceae

<i>Mercurialis annua</i> L.	- occ -
<i>Mercurialis perennis</i> L.	- ori -
<i>Euphorbia nutans</i> Lag.	- occ -
<i>Euphorbia dulcis</i> L.	- occ - ori
<i>Euphorbia platyphyllos</i> L.	- occ -
<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	- occ -
<i>Euphorbia exigua</i> L.	- occ -
<i>Euphorbia seguierana</i> Necker	- occ -
<i>Euphorbia lucida</i> W. et K.	- ori -
<i>Euphorbia cyparissias</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Euphorbia amygdaloides</i> L.	- ori -

Simaroubaceae

<i>Ailanthus altissima</i> (Miller) Swingle	- occ - med - ori -
---	---------------------

Aceraceae

<i>Acer platanoides</i> L.	- med -
<i>Acer campestre</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Acer negundo</i> L.	- occ - med - ori -

Hippocastanaceae

<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	- med -
----------------------------------	---------

Balsaminaceae

<i>Impatiens noli-tangere</i> L.	- occ -
----------------------------------	---------

Celastraceae

<i>Euonymus europaeus</i> L.	- occ - med - ori -
------------------------------	---------------------

Staphyleaceae

<i>Staphylea pinnata</i> L.	- occ -
-----------------------------	---------

Rhamnaceae

<i>Rhamnus saxatilis</i> Jacq.	- ori -
<i>Rhamnus catharticus</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Frangula alnus</i> Miller	- occ - med - ori -

Vitaceae

<i>Vitis vinifera</i> L.	- ori -
<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planchon	- occ -

Tiliaceae

Tilia platyphyllos Scop.

- culta -

Tilia cordata Miller

- occ - med - ori -

Malvaceae

Malva alcea L.

- occ -

Malva sylvestris L.

- med -

Hibiscus syriacus L.

- occ -

Thymelaeaceae

Daphne mezereum L.

- med -

Violaceae

Viola odorata L.

- occ - med - ori -

Viola alba Besser

- ori -

Viola hirta L.

- ori -

Viola collina Besser

- ori -

Viola reichenbachiana Jordan ex Boreau

- occ - med -

Viola canina L.

- med - ori -

Viola arvensis Murray

- occ -

Cistaceae

Helianthemum nummularium (L.) Miller

- occ -

Elatinaceae

Elatine triandra Schkhur

- occ - med -

Cucurbitaceae

Bryonia dioica Jacq.

- occ - med - ori -

Sicyos angulatus L.

- occ - med -

Lythraceae

Lythrum salicaria L.

- occ -

Ammania verticillata (Ard.) Lam.

- occ - med -

Trapaceae

Trapa natans L.

- occ - med -

Onagraceae

Circaea lutetiana L.

- occ - med - ori -

Oenothera biennis L.

- occ -

Oenothera suaveolens Pers.

- occ -

Epilobium dodonaei Vill.

- occ -

Epilobium parviflorum Schreber

- occ -

Epilobium palustre L.

- occ -

Haloragaceae

Myriophyllum verticillatum L.

- occ -

Myriophyllum spicatum L.

- occ - med - ori -

Hippuridaceae

Hippuris vulgaris L.

- occ -

Cornaceae

Cornus sanguinea L.

- occ - med - ori -

Cornus mas L.

- occ - med - ori -

Araliaceae

Hedera helix L.

- occ - med - ori -

Umbelliferae

Hydrocotyle vulgaris L.

- ori -

Sanicula europaea L.

- ori -

Eryngium campestre L.

- occ -

Chaerophyllum temulum L.

- occ -

Aegopodium podagraria L.

- med - ori -

Berula erecta (Hudson) Coville

- occ -

Oenanthe pimpinelloides L.

- occ - ori -

Oenanthe lachenalii Gmelin

- occ -

Oenanthe aquatica (L.) Poiret

- med -

Aethusa cynapium L.

- occ -

Conium maculatum L.

- occ -

Apium nodiflorum (L.) Lag.

- occ -

Angelica silvestris L.

- occ - med - ori -

Peucedanum oreoselinum (L.) Moench

- occ -

Pastinaca sativa L.

- occ -

Heracleum sphondylium L.

- occ -

Torilis arvensis (Hudson) Link

- occ - med -

Torilis japonica (Houtt.) DC.

- occ -

Daucus carota L.

- occ - med -

Ericaceae

Calluna vulgaris (L.) Hull

- occ -

Primulaceae

Primula vulgaris Hudson

- occ - med -

Hottonia palustris L.

- occ -

Lysimachia nummularia L.

- occ - med - ori -

Lysimachia vulgaris L.

- occ -

Anagallis arvensis L.

- occ - med -

Samolus valerandi L.

- ori -

Ebenaceae

Diospyros kaki L.

- occ - med -

Oleaceae

Fraxinus ornus L.

- med - ori -

Fraxinus excelsior L.

- occ - ori -

Fraxinus oxycarpa Bieb.

- ori -

Ligustrum vulgare L.

- occ - med - ori -

Phyllirea angustifolia L.

- ori -

Gentianaceae

Centaurium erythraea Rafn

- occ -

Apocynaceae

Vinca minor L.

- occ - med - ori -

Vinca major L.

- ori -

Asclepiadaceae

Vincetoxicum hirundinaria Medicus

- med - ori -

Rubiaceae

Sherardia arvensis L.

- occ -

Galium palustre L.

- occ - ori -

Galium mollugo L.

- occ - med - ori -

Galium glaucum L.

- ori -

Galium aparine L.

- occ - med -

Galium parisiense L.

- occ -

Cruciata laevipes Opiz

- occ -

Cruciata glabra (L.) Ehrend.

- occ -

Rubia peregrina L.

- ori -

Convolvulaceae

Cuscuta cesatiana Bertol.

- occ - med -

Cuscuta campestris Yuncker

- occ -

Cuscuta europaea L.

- occ -

Calystegia sepium (L.) R. Br.

- occ - med - ori -

Convolvulus arvensis L.

- occ - med - ori -

Boraginaceae

Buglossoides purpureocaerulea (L.) Johnston

- occ - med - ori -

Buglossoides arvensis (L.) Johnston

- occ -

Echium vulgare L.

- occ - med - ori -

Pulmonaria officinalis L.

- med - ori -

Symphytum officinale L.

- occ - med - ori -

Symphytum tuberosum L.

- med - ori -

Symphytum bulbosum Schimper

- ori -

Anchusa officinalis L.

- occ -

Myosotis arvensis (L.) Hill

- occ -

Myosotis scorpioides L.

- occ -

Cynoglossum officinale L.

- occ -

Verbenaceae

Verbena officinalis L.

- occ - med -

Callitrichaceae

Callitriche stagnalis Scop.

- occ -

Callitriche palustris L.

- occ -

Callitriche hamulata Kütz.

- occ -

Labiatae

Ajuga reptans L.

- occ - med - ori -

Ajuga chamaepitys (L.) Schreber

- occ -

Teucrium scorodonia L.

- occ -

Teucrium chamaedrys L.

- occ - ori -

Teucrium montanum L.

- occ -

Scutellaria galericulata L.

- occ - med -

Melittis melissophyllum L.

- ori -

Galeopsis angustifolia Ehrh.

- occ -

<i>Galeopsis pubescens</i> Besser	- occ - med - ori -
<i>Galeopsis tetrahit</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Galeopsis bifida</i> Boenn.	- occ -
<i>Lamium orvala</i> L.	- med - ori -
<i>Lamium maculatum</i> L.	- occ -
<i>Lamium purpureum</i> L.	- occ -
<i>Lamium amplexicaule</i> L.	- occ -
<i>Ballota nigra</i> L.	- occ -
<i>Stachys officinalis</i> (L.) Trevisan	- occ - ori -
<i>Stachys palustris</i> L.	- occ - med -
<i>Stachys annua</i> (L.) L.	- occ -
<i>Glechoma hederacea</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Prunella vulgaris</i> L.	- occ -
<i>Calamintha nepeta</i> (L.) Savi	- occ - med - ori -
<i>Acinos arvensis</i> (Lam.) Dandy	- occ -
<i>Clinopodium vulgare</i> L.	- occ -
<i>Origanum vulgare</i> L.	- occ -
<i>Thymus longicaulis</i> Presl	- occ -
<i>Thymus alpestris</i> Tausch	- occ -
<i>Lycopus europaeus</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Lycopus exaltatus</i> L. fil.	- occ -
<i>Mentha arvensis</i> L.	- occ -
<i>Mentha aquatica</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh.	- occ -
<i>Salvia glutinosa</i> L.	- occ - med -
<i>Salvia pratensis</i> L.	- occ -
Solanaceae	
<i>Physalis alkekengi</i> L.	- occ - med -
<i>Solanum nigrum</i> L.	- occ - med -
<i>Solanum dulcamara</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Lycopersicon esculentum</i> Miller	- occ - med -
<i>Datura stramonium</i> L.	- occ -
Buddlejaceae	
<i>Buddleja davidii</i> Franchet	- occ -
Scrophulariaceae	
<i>Gratiola officinalis</i> L.	- occ -
<i>Lindernia dubia</i> (L.) Pennell	- occ -
<i>Lindernia anagalloidea</i> (Michx.) Pennell	- occ -
<i>Verbascum thapsus</i> L.	- occ -
<i>Verbascum blattaria</i> L.	- occ -
<i>Scrophularia nodosa</i> L.	- occ - med -
<i>Scrophularia umbrosa</i> Dumort	- occ -
<i>Scrophularia canina</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Scrophularia juratensis</i> Schleicher	- occ -
<i>Misopates orontium</i> (L.) Rafin.	- occ - med - ori -
<i>Chaenorrhinum minus</i> (L.) Lange	- occ -

<i>Linaria vulgaris</i> Miller	- occ -
<i>Kickxia elatine</i> (L.) Dumort.	- occ -
<i>Veronica arvensis</i> L.	- occ -
<i>Veronica persica</i> Poiret	- occ - med -
<i>Veronica hederifolia</i> L.	- occ -
<i>Veronica peregrina</i> L.	- occ -
<i>Veronica chamaedrys</i> L.	- occ -
<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	- occ - med -
<i>Veronica beccabunga</i> L.	- occ -
<i>Melampyrum nemorosum</i> L.	- occ - ori -
<i>Melampyrum pratense</i> L.	- med -
<i>Lathraea squamaria</i> L.	- ori -
Lentibulariaceae	
<i>Utricularia vulgaris</i> L.	- occ -
Plantaginaceae	
<i>Plantago major</i> L.	- occ - med -
<i>Plantago media</i> L.	- med -
<i>Plantago lanceolata</i> L.	- occ -
<i>Plantago indica</i>	- occ - med -
<i>Plantago cynops</i> L.	- occ -
Caprifoliaceae	
<i>Sambucus ebulus</i> L.	- occ -
<i>Sambucus nigra</i> L.	- occ - med - ori
<i>Viburnum lantana</i> L.	- med - ori -
<i>Viburnum opulus</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Lonicera xylosteum</i> L.	- occ - med -
<i>Lonicera japonica</i> Thunb.	- occ - med - ori -
<i>Lonicera caprifolium</i> L.	- occ - med - ori -
Valerianaceae	
<i>Valerianella dentata</i> (L.) Pollich	- occ -
<i>Valerianella locusta</i> (L.) Laterrade	- occ -
<i>Valeriana dioica</i> L.	- occ -
<i>Valeriana officinalis</i> L.	- occ -
Dipsacaceae	
<i>Dipsacus fullonum</i> L.	- occ -
<i>Knautia drymeia</i> Heuffel	- ori -
<i>Scabiosa columbaria</i> L.	- occ -
Campanulaceae	
<i>Campanula patula</i> L.	- occ -
<i>Campanula rapunculus</i> L.	- occ -
<i>Campanula trachelium</i> L.	- ori -
Compositae	
<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	- occ - med -
<i>Solidago canadensis</i> L.	- med -
<i>Solidago gigantea</i> Aiton	- occ - med -

<i>Aster novae-angliae</i> L.	- occ -
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.	- occ - med - ori -
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.	- occ - med -
<i>Bellis perennis</i> L.	- occ -
<i>Micropus erectus</i> L.	- occ -
<i>Inula britannica</i> L.	- med -
<i>Bidens cernua</i> L.	- occ -
<i>Bidens tripartita</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Bidens frondosa</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Rudbeckia laciniata</i> L.	- occ -
<i>Helianthus rigidus</i> (Cass.) Desf.	- occ -
<i>Helianthus tuberosus</i> L.	- occ -
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	- occ -
<i>Xanthium italicum</i> Moretti	- occ - med - ori -
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	- occ - med -
<i>Galinsoga ciliata</i> (Rafin.) Blake	- occ - med -
<i>Anthemis tinctoria</i> L.	- occ -
<i>Anthemis triunfetti</i> All.	- occ -
<i>Achillea tomentosa</i> L.	- occ -
<i>Achillea setacea</i> W. et K.	- occ -
<i>Achillea millefolium</i> L.	- occ -
<i>Matricaria chamomilla</i> L.	- med -
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	- occ - med -
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	- occ -
<i>Artemisia vulgaris</i> L.	- occ - med -
<i>Artemisia verlotorum</i> Lamotte	- occ - med -
<i>Artemisia annua</i> L.	- occ -
<i>Artemisia absinthium</i> L.	- occ -
<i>Artemisia campestris</i> L.	- occ -
<i>Tussilago farfara</i> L.	- occ -
<i>Petasites hybridus</i> (L.) Gaertn. Meyer et Sch.	- occ -
<i>Senecio inaequidens</i> DC.	- occ -
<i>Senecio erraticus</i> Bertol.	- occ -
<i>Senecio vulgaris</i> L.	- occ -
<i>Arctium lappa</i> L.	- occ - med -
<i>Carduus nutans</i> L.	- med -
<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.	- occ -
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	- occ - med -
<i>Cirsium palustre</i> (L.) Scop.	- occ -
<i>Cirsium erisithales</i> (Jacq.) Scop.	- occ -
<i>Onopordum acanthium</i> L.	- occ -
<i>Centaurea paniculata</i> L.	- occ -
<i>Centaurea maculosa</i> Lam.	- occ -
<i>Centaurea deusta</i> Ten.	- occ -
<i>Centaurea jacea</i> L.	- occ -
<i>Centaurea nigrescens</i> Willd.	- occ -
<i>Centaurea cyanus</i> L.	- occ - med -

<i>Centaurea aspera</i> L.	- occ -
<i>Cichorium intybus</i> L.	- occ -
<i>Lapsana communis</i> L.	- occ - med -
<i>Hyoseris radiata</i> L.	- occ -
<i>Tragopogon dubius</i> Scop.	- occ -
<i>Picris hieracioides</i> L.	- occ -
<i>Picris echioides</i> L.	- occ -
<i>Chondrilla juncea</i> L.	- occ -
<i>Taraxacum officinale</i> Weber	- occ - med -
<i>Sonchus arvensis</i> L.	- med -
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	- occ - med -
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	- occ -
<i>Lactuca serriola</i> L.	- occ - med -
<i>Crepis foetida</i> L.	- occ -
<i>Crepis capillaris</i> (L.) Wallr.	- occ - med -
<i>Crepis vesicaria</i> L.	- occ -
<i>Crepis setosa</i> Hall.	- occ - med -
<i>Hieracium piloselloides</i> Vill.	- occ -
<i>Hieracium sylvaticum</i> (L.) L.	- occ -
Alismataceae	
<i>Alisma lanceolatum</i> With.	- occ -
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	- occ -
<i>Sagittaria sagittifolia</i> L.	- occ -
Butomaceae	
<i>Butomus umbellatus</i> L.	- occ - med - ori -
Hydrochaitaceae	
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L.	- occ -
<i>Vallisneria spiralis</i> L.	- occ -
<i>Elodea canadensis</i> Michx.	- occ -
Potamogetonaceae	
<i>Potamogeton natans</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Potamogeton nodosus</i> Poiret	- occ -
<i>Potamogeton lucens</i> L.	- occ -
<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	- occ -
<i>Potamogeton crispus</i> L.	- occ -
<i>Potamogeton acutifolius</i> Link	- occ -
<i>Potamogeton pusillus</i> L.	- occ -
<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	- occ -
<i>Groenlandia densa</i> (L.) Fourr.	- occ -
Najadaceae	
<i>Najas gracillima</i> (A. Br.) Magnus	- occ - med -
Liliaceae	
<i>Hemerocallis fulva</i> L.	- ori -
<i>Colchicum autumnale</i> L.	- occ - ori -
<i>Gagea pratensis</i> (Pers.) Dumort	- occ -
<i>Scilla bifolia</i> L.	- ori -

<i>Ornithogalum umbellatum</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Ornithogalum pyrenaicum</i> L.	- occ - ori -
<i>Muscari atlanticum</i> Boiss.et Reuter	- occ - ori -
<i>Muscari botryoides</i> (L.) Miller	- occ -
<i>Leopoldia comosa</i> (L.) Parl.	- occ -
<i>Allium vineale</i> L.	- occ -
<i>Allium rotundum</i> L.	- occ -
<i>Allium oleraceum</i> L.	- ori -
<i>Allium ursinum</i> L.	- ori -
<i>Convallaria majalis</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) Schmidt	- occ - ori -
<i>Polygonatum odoratum</i> (Miller) Druce	- occ - med -
<i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All.	- med - ori -
<i>Paris quadrifolia</i> L.	- med -
<i>Asparagus officinalis</i> L.	- occ - ori -
<i>Asparagus tenuifolius</i> Lam.	- occ - med - ori -
<i>Asparagus acutifolius</i> L.	- ori -
<i>Ruscus aculeatus</i> L.	- ori -
Amaryllidaceae	
<i>Leucojum vernum</i> L.	- med -
<i>Galanthus nivalis</i> L.	- ori -
<i>Narcissus poeticus</i> L.	- ori -
Dioscoreaceae	
<i>Tamus communis</i> L.	- occ - med - ori -
Pontederiaceae	
<i>Heteranthera reniformis</i> Ruiz et Pavon	- occ -
Iridaceae	
<i>Iris pseudacorus</i> L.	- occ - med - ori -
Juncaceae	
<i>Juncus bufonius</i> L.	- occ - med -
<i>Juncus compressus</i> Jacq.	- occ -
<i>Juncus tenuis</i> Willd.	- occ -
<i>Juncus effusus</i> L.	- occ - med -
<i>Juncus inflexus</i> L.	- occ -
<i>Juncus articulatus</i> L.	- occ -
<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	- occ - med - ori -
<i>Luzula nivea</i> (L.) Lam. et DC.	- occ -
<i>Luzula sieberi</i> Tausch	- occ -
<i>Luzula multiflora</i> (Ehrh.) Lej.	- occ -
Commelinaceae	
<i>Commelina virginica</i> L.	- occ -
Graminaceae	
<i>Dactylis hispanica</i> Roth	- occ -
<i>Dactylis glomerata</i> L.	- occ -
<i>Poa annua</i> L.	- med -

<i>Poa compressa</i> L.	- occ -
<i>Poa trivialis</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Poa sylvicola</i> Guss.	- occ -
<i>Poa pratensis</i> L.	- occ -
<i>Poa bulbosa</i> L.	- occ -
<i>Poa nemoralis</i> L.	- occ -
<i>Poa palustris</i> L.	- occ - med -
<i>Vulpia ciliata</i> (Danth.) Link	- occ -
<i>Vulpia myuros</i> (L.) Gmelin	- occ -
<i>Festuca gigantea</i> Vill.	- occ -
<i>Festuca pratensis</i> Hudson	- occ -
<i>Festuca rubra</i> L.	- occ -
<i>Festuca heterophylla</i> Lam.	- occ -
<i>Festuca tenuifolia</i> Sibth.	- occ -
<i>Melica nutans</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Glyceria maxima</i> (Hartm.) Holmberg	- occ -
<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R. Br.	- occ - med - ori -
<i>Lolium temulentum</i> L.	- occ - med -
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	- occ -
<i>Lolium perenne</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Bromus tectorum</i> L.	- occ -
<i>Bromus sterilis</i> L.	- occ - med -
<i>Bromus rigidus</i> Roth	- occ -
<i>Bromus gussonei</i> Parl.	- occ -
<i>Bromus arvensis</i> L.	- occ -
<i>Bromus squarrosus</i> L.	- occ -
<i>Bromus hordeaceus</i> L.	- occ -
<i>Bromus secalinus</i> L.	- occ -
<i>Brachypodium sylvaticum</i> (Hudson) Beauv.	- occ - med - ori -
<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) Beauv.	- occ - ori -
<i>Hordeum murinum</i> L.	- occ - med -
<i>Agropyron repens</i> (L.) Beauv.	- occ - med -
<i>Agropyron intermedium</i> (Host) Beauv.	- occ -
<i>Aegilops geniculata</i> Roth	- occ -
<i>Aegilops cylindrica</i> Host	- occ -
<i>Avena fatua</i> L.	- occ -
<i>Avena sterilis</i> L.	- occ -
<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) Presl	- occ -
<i>Danthonia decumbens</i> (L.) DC.	- ori -
<i>Holcus lanatus</i> L.	- occ -
<i>Koeleria macrantha</i> (Ledeb.) Sprengel	- occ -
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth	- occ -
<i>Calamagrostis canescens</i> (Weber) Roth	- occ -
<i>Apera spica-venti</i> (L.) Beauv.	- occ - med -
<i>Apera interrupta</i> (L.) Beauv.	- occ -
<i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) Beauv.	- ori -

<i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench	- occ - ori -
<i>Molinia arundinacea</i> Schrank	- occ - ori -
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin.	- occ - med - ori -
<i>Arundo donax</i> L.	- occ -
<i>Typhoides arundinacea</i> (L.) Moench	- occ - med - ori -
<i>Alopecurus geniculatus</i> L.	- occ -
<i>Alopecurus aequalis</i> Sobol.	- occ -
<i>Alopecurus pratensis</i> L.	- med -
<i>Alopecurus myosuroides</i> Hudson	- occ - med -
<i>Phleum pratense</i> L.	- occ -
<i>Milium effusum</i> L.	- ori -
<i>Eragrostis pilosa</i> (L.) Beauv.	- occ - med - ori -
<i>Eragrostis megastachya</i> (Koeler) Link	- occ - med -
<i>Eragrostis minor</i> Host	- occ -
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertner	- occ -
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	- occ -
<i>Tragus racemosus</i> (L.) All.	- occ -
<i>Oryza sativa</i> L.	- occ -
<i>Leersia oryzoides</i> (L.) Swartz	- occ -
<i>Panicum capillare</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Panicum dichotomiflorum</i> Michx.	- occ - med - ori -
<i>Echinochloa phyllopogon</i> (Stapf) Carv.	- occ - med -
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.	- occ - med -
<i>Echinochloa crus-pavonis</i> (H.B.K.) Schultes	- occ -
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	- occ - med - ori -
<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler	- occ -
<i>Digitaria ischaemum</i> (Schreber) Muehlenb.	- occ -
<i>Oplismenus undulatifolius</i> (Ard.) Beauv.	- med -
<i>Setaria glauca</i> (L.) Beauv.	- occ -
<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.	- occ - med -
<i>Setaria verticillata</i> (L.) Beauv.	- med -
<i>Setaria italica</i> (L.) Beauv.	- occ - med - ori -
<i>Erianthus ravennae</i> (L.) Beauv.	- ori -
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	- occ - med -
<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	- occ -
<i>Bothriochloa ischaemon</i> (L.) Keng	- occ -
Araceae	
<i>Arum italicum</i> Miller	- ori -
Lemnaceae	
<i>Lemna trisulca</i> L.	- occ -
<i>Lemna gibba</i> L.	- occ -
<i>Lemna minor</i> L.	- occ - med - ori -
<i>Lemna paucicostata</i> Hegelm.	- occ -
<i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleid.	- occ -
<i>Spirodela oligorrhiza</i> Kurz	- occ -

Sparganiaceae

Sparganium erectum L.

- occ - med - ori -

Sparganium emersum Rehm.

- occ -

Typhaceae

Typha latifolia L.

- occ - med - ori -

Typha angustifolia L.

- occ - med - ori -

Cyperaceae

Carex contigua Hoppe

- occ -

Carex otrubae Podp.

- occ -

Carex brizoides L.

- occ - med -

Carex elongata L.

- occ -

Carex remota L.

- occ -

Carex gracilis Curtis

- occ -

Carex elata All.

- occ - ori -

Carex digitata L.

- med - ori -

Carex sylvatica Hudson

- occ - med - ori -

Carex liparocarpos Gaudin

- occ - ori -

Carex pilosa Scop.

- med - ori -

Carex distans L.

- occ - ori -

Carex pendula Hudson

- occ - ori -

Carex pseudocyperus L.

- occ -

Carex acutiformis Ehrh.

- occ - ori -

Carex riparia Curtis

- occ -

Carex flacca Schreb.

- occ - ori -

Carex hirta L.

- occ -

Scirpus sylvaticus L.

- occ -

Scirpus radicans Schkuhr

- occ -

Bolboschoenus maritimus (L.) Palla

- occ -

Holoschoenus australis (L.) Rchb.

- occ -

Schoenoplectus lacustris (L.) Palla

- occ - med - ori -

Schoenoplectus tabaernemontani (Gmelin) Palla

- occ -

Schoenoplectus mucronatus (L.) Palla

- occ -

Eleocharis ovata (Roth) R. et S.

- occ -

Eleocharis multicaulis (Sm.) Sm.

- occ -

Fimbristylis dichotoma (L.) Vahl.

- occ - med -

Cladium mariscus (L.) Pohl.

- occ - ori -

Cyperus longus L.

- occ -

Cyperus esculentus L.

- occ - med -

Cyperus glomeratus L.

- occ - med - ori

Cyperus microiria Steudel

- occ -

Cyperus glaber L.

- occ -

Cyperus fuscus L.

- occ - med - ori -

Cyperus difformis L.

- occ -

Cyperus michelianus (L.) Delile

- occ - med - ori -

Cyperus serotinus Rottb.

- occ - med -

Cyperus flavescens L.

- occ -

Cyperus strigosus L.

- occ -

Cyperus aristatus Rottb.

- occ -

Orchidaceae

Orchis morio L.

- occ -

Platanthera bifolia (L.) Rchb.

- med - ori -

Platanthera chlorantha (Custer) Rchb.

- ori -

Listera ovata (L.) R. Br.

- med - ori -

Neottia nidus avis (L.) L.C.Rich.

- ori -

Cephalanthera rubra (L.) L.C.Rich.

- ori -

Cephalanthera longifolia (Hudson) Fritsch

- med - ori -

ALLEGATO II

**Quadro sintassonomico fitosociologico
della vegetazione presente lungo il corso del Fiume Po.**

1. LEMNETEA Koch et Tüxen 1954

Popolamenti di piccole idrofite galleggianti su acque stagnanti.

– *Lemnetalia* Tx. 1955

Lemnion minoris Tx. 1955

Lemno-Spirodeletum polyrrhizae Koch 1954 em. Müll. & Görs 1960

Lemnetum gibbae Miyaw. et. Tx. 1960

Bibliografia:

BRACCO & *al.* (1984); per quanto non strettamente inerente al corso del Po è anche utile fare riferimento alla sintesi di questa classe per la Pianura Padana orientale di SBURLINO, SCOPPOLA & MARCHIORI (1985).

2. THLASPIETEA ROTUNDIFOLII Br.-Bl. 1926

Vegetazione delle pietraie e delle alluvioni ciottolose.

– *Epilobietalia fleischeri* Moor 1958

 agg. a *Oenothera biennis* e *Scrophularia canina*

Epilobion fleischeri Br.-Bl. 1931

Epilobio-Scrophularietum caninae KOCH e Br.-Bl. 1948

 agg. ad *Artemisia campestris* ed *Epilobium dodonaei*

– *Myricarietalia* G. Br.-Bl. 1931

Glaucion flavi Br.-Bl. 1947

Glauceto - Scrophularietum caninae (Br.-Bl.) Tchou 1946

Bibliografia:

PIROLA (1968).

3. BIDENTETEA TRIPARTITI Tüxen, Lohm. et Preisg. 1950

Popolamenti igrofili di piante annuali in zone di accumulo di composti azotati, colonizzano i depositi sabbioso-limosi ricchi in sali minerali.

– *Bidentetalia* Br.-Bl. et Tx. 1943

Bidention tripartitae Nordh. 1940

Bidenti-Polygonetum hydropiperis (W. KOCH 1926) Lohm. 1950

Polygono-Bidentetum (W. KOCH 1926) Lohm. 1950

Chenopodion fluvatile Tx. in Poli et Tx. 1960

Polygono-Xanthietum italici PIROLA & ROSSETTI 1974

 subass. *agrostietosum stoloniferae*

Polygono-Chenopodietum Lohm. 1970

 subass. a *Cyperus glomeratus*

Bibliografia:

PIROLA (1968); PIROLA & ROSSETTI (1974); CORBETTA & ZANOTTI CENSONI (1977).

4. ARTEMISIETEA VULGARIS Lohm., Preisg. et Tüxen 1950

Popolamenti di alte erbe nitrofile perennanti, di greti, argini, discariche, accumuli di materiali organici.

Aggruppamenti neofitici a:

Senecio inaequidens

Solidago gigantea

Helianthus tuberosus

Artemisia verlotorum

– *Convolvuletalia sepium* Tx. 1950 em. Oberd. 1967

aggr. a *Epilobium hirsutum* e *Eupatorium cannabinum*

Senecion fluviatilis Tx. (1947) 1950 em. Tx. 1967

aggr. a *Saponaria officinalis*

Artemisietum verlotori Lang 1967

– *Onopordetalia acanthii* Br.-Bl. et Tx. 1943

Dauco-Melilotion Görs 1966

Artemisieto-Tenacetum vulgaris Br.-Bl. 1931 em. Görs 1966

Onopordion achantii Br.-Bl. 1926

Echio-Melilotetum Tx. 1942

Bibliografia:

BRACCO & al. (1984); CORBETTA & ZANOTTI CENSONI (1977).

5. PLANTAGINETEA MAJORIS Tüxen et Preisg. 1950

Popolamenti erbacei nitrofili su terreni argillosi compatti, ai bordi dei corsi d'acqua, di vie e sentieri.

– *Plantaginetalia majoris* Tx. 1950 em. Oberd. et al. 1967

Polygonion avicularis Br.-Bl. 1931 ex Aich. 1933

Lolio-Plantaginetum Beg. 1930

Bibliografia

BRACCO & al. (1984).

6. ISOETO-NANOJUNCETEA Br.-Bl. et Tx. 1943

Popolamenti di specie erbacee annuali e di terreni fangosi periodicamente sommersi.

– *Cyperetalia fusci* Pietsch. 1963

Nanocyperion Koch 1926

Cyperetum flavescens Koch 1926 em. Aich. 1933

Bibliografia

PIROLA (1968).

7. POTAMOGETONETEA Tüxen et Preisg. 1942

Formazioni acquatiche con specie radicanti sul fondo, in acque stagnanti o a lento corso.

aggr. a *Potamogeton nodosus* e *P. natans*

– *Potamogetonetalia pectinati* Koch 1926 em. Oberd. 1957

- Ranunculon fluitantis* Neuhausl 1959
 aggr. del *Ranunculon fluitantis*
Potamogetonion (Koch 1926) Oberd. 1957
 aggr. del *Potamogetonion*
Potamogetonetum lucentis Huek 1931
Potamogetoneto-Vallisnerietum Br.-Bl. 1931
Elodeo-Ranunculetum Rich. 1975
 aggr. a *Elodea canadensis*
Nynphaeion albae Oberd. 1957
Myriophyllo-Nupharetum Koch 1926
Hottonietum palustris Tx. 1937
Trapetum natantis Müll. et Görs 1960

Bibliografia

PIROLA (1968); CORBETTA & ZANOTTI CENSONI (1977); DE MARCHI & *al.* (1979); BRACCO (1981); BRACCO & *al.* (1984).

8. PHRAGMITETEA Tüxen et Preisg. 1942

Aggruppamenti di Graminacee e Ciperacee in acque (poco profonde) stagnanti o a lento corso, al bordo di laghi, stagni, fiumi.

– *Phragmitetalia* Koch 1926

- Phragmition communis* Koch 1926
 aggr. del *Phragmition*
 aggr. a *Glyceria maxima* (*Glycerietum maximae* Hueck 1931 fragm.)
Typhetum latifoliae Lang 1973
Phragmitetum communis Schmale 1939
 aggr. a *Schoenoplectus lacustris* (*Scirpetum lacustris* Schmale 1939 fragm.)
Scirpo-Phragmitetum Koch 1926
Cladietum marisci Pign. 1953
Sparganio-Glycerion fluitantis Br.-Bl. et Siss. in Boer 1942
Helosciadetum Br.-Bl. 1952 (*Apietum nodiflori*)
Glycerietum fluitantis Br.-Bl. et Siss 1942
Magnocaricion Koch 1926
 aggr. del *Magnocaricion*
Leucojo-Caricetum Br.-Bl. 1936
Phalaridetum arundinaceae (Koch 1926) Libbert 1931
Caricetum elatae Koch 1926
 subass. *caricetosum elatae*
 subass. *caricetosum ripariae*
Caricetum gracilis (Graebn. et Hueck 1931) Tx. 1937

Bibliografia:

PIROLA (1968); CORBETTA & ZANOTTI (1977); BRACCO (1981); BRACCO & *al.* (1984).

9. FESTUCO-BROMETEA Br.-Bl. e Tüxen 1943

Praterie meso-termofile quasi sempre legate all'azione antropica, diffuse dal piano basale a quello montano, spesso pascolate e/o sfalciate.
pratelli aridi

Bibliografia:

BRACCO & al. (1984).

10. SALICETEA PURPUREAE Moor 1958

Boscaglie di salici a foglie strette lungo il corso di fiumi e torrenti.

– *Salicetalia purpureae* Moor 1958

Salicion albae Soò 1930 em. Moor 1958

agg. a *Salix alba*

aggr. a *Salix alba* e *Populus nigra*

Salicetum albae Issl. 1926

Salicetum triandrae Malc. 1929

Bibliografia

PIROLA (1968); DE MARCHI & al. (1979); BRACCO & al. (1984).

11. ALNETEA GLUTINOSAE Br.-Bl. et Tx. 1943

Boschi planiziali acquitrinosi dominati da *Alnus glutinosa*.

– *Alnetalia glutinosae* Tx. 1937

Alnion glutinosae Meijr. Drees 1936

Carici elongatae-Alnetum glutinosae (Koch 1926 Tx. et Bodeux 1955)

Bibliografia:

BRACCO & al. (1984).

12. QUERCO-FAGETEA Br.-Bl. et Vlieger 1937

Boschi mesofili e mesotermofili dell'orizzonte montano inferiore e del piano basale e parte delle forme di ricolonizzazione ad esse collegate.

– *Prunetalia* Tx. 1952

arbusteti termoxerofili

– *Populetales albae* Br.-Bl. 1931

aggr. dei *Populetales albae*

Cladio-Fraxinetum oxycarpae Piccoli, Gerdol, Ferrari 1983

Populion albae Br.-Bl. 1931

boschi igrofili a *Populus alba*

– *Quercetalia pubescenti-petraeae* Br.-Bl. 1931

aggr. a *Quercus robur* e *Carpinus betulus*

– *Fagetalia-sylvaticae* Pawl. 1927

Alno-Ulmion Br.-Bl. et Tx. 1943 (= *Alno-Padion* Knapp 1948)

Saponario-Salicetum purpureae (Br.-Bl. 1930) Tchou 1946

Querco-Ulmetum Issl. 1924

- Carici-Fraxinetum angustifoliae* Pedrotti 1970
 boschetti ad Olmo e Farnia
 boschi igrofili ad *Alnus glutinosa*
 querceto misto a *Quercus robur* e *Ulmus minor*
Fraxino-Carpinion Tx. et Diem. 1936
Polygonato multiflori-Quercetum robori Sartori 1980
 subass. *ulmetosum* Sartori 1980
 subass. *carpinetosum betuli* 1980
 subass. *anemonetosum nemorosae* 1980
Quercus-Carpinetum boreoitalicum Pign. 1953 provv.
Carpinion betuli Oberd. 1953
 boschetti a Farnia e Carpino

Bibliografia:

PIROLA (1968); TOMASELLI & GENTILE (1971); CORBETTA & ZANOTTI CENSONI (1977); DE MARCHI & al. (1979); SARTORI (1984); CAVANI & al. (1981); SARTORI & ZUCCHI (1981); PICCOLI & al. (1983); BRACCO & al. (1984); CANIGLIA (1981).

13. QUERCETEA ILICIS Br.-Bl. 1936

Boschi sempreverdi mediterranei

– *Quercetalia ilicis* Br.-Bl. 1936

Quercion ilicis Br.-Bl. 1936

Orno-Quercetum ilicis Horvatic (1956) 1958

Bibliografia:

PICCOLI & al. (1983).

ALLEGATO III
Tabella sintetica dei boschi posti lungo l'asta del F. Po

	Man	Po2	Tic1	Tic2	Tic3	Ad1	Ad2	Oglio	Bos	Font	Panf	Me1	Me2	Carp	Me3	Totale
Strato arboreo																
<i>Quercus robur</i> L.	V	I	V	V	V	IV	V	IV	III	V	V	IV	V	V	I	15
<i>Ulmus minor</i> Miller		I	III	I	I	II	V	V	I	V	V	III		II		12
<i>Robinia pseudacacia</i> L.	IV	I		II	I	II	IV	II	IV		II				I	10
<i>Populus nigra</i> L.			II	I	II	IV	III	II	V							7
<i>Hedera helix</i> L.			I	I	I	I	I	I	IV							7
<i>Fraxinus ornus</i> L.										III		I	IV	III	III	6
<i>Carpinus betulus</i> L.	III			V					V			I	II	V		6
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertner	I			I	II		I	I				III	II			5
<i>Populus alba</i> L.						V	I		IV				II	II		4
<i>Acer campestre</i> L.			I				I				I					4
<i>Prunus avium</i> L.	II		I													3
<i>Populus tremula</i> L.	I		I		I				V							3
<i>Quercus ilex</i> L.												III	V		V	3
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	II								I							2
<i>Quercus petraea</i> (Mattuschka) Liebl.	I								II							2
<i>Salix alba</i> L.							I	I								2
<i>Platanus hybrida</i> Brot.									I							2
<i>Fraxinus oxycarpa</i> Bieb.											IV	V	V			2
<i>Carpinus orientalis</i> Miller												V				2
Strato arbustivo																
<i>Ligustrum vulgare</i> L.	I	I	III	II		IV	IV	IV	IV	III	IV	III	IV	II	IV	14
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	II	I	V	III		IV	IV	IV	III	II	IV	IV	V	V	V	14
<i>Cornus sanguinea</i> L.	I	I	IV	I	III	V	V	V	I	I	V	III	IV	II	I	14
<i>Ulmus minor</i> Mille		I	V	III	I	IV	V	V	V	V	V	III	I	IV		13
<i>Quercus robur</i> L.			II	I	II	IV	IV	II	I		II	I	I	III		11
<i>Euonymus europaeus</i> L.	I		V	V	IV	I	I	I		IV		I	I	I		10
<i>Corylus avellana</i> L.	III		IV	V	V	IV	IV	I	V	V	II			II		10
<i>Sambucus nigra</i> L.	I	I	I	I	I	II	III		IV	II				III		10

	Man	Po2	Tic1	Tic2	Tic3	Ad1	Ad2	Ogio	Bos	Font	Panf	Me1	Me2	Carp	Me3	Totale
<i>Robinia pseudacacia</i> L.	II		I	I	II		IV	II	IV		I			II	I	9
<i>Clematis vitalba</i> L.			I	I		II	II	II		III			I	I	I	9
<i>Hedera helix</i> L.						I	III	II	II	V	II		V	V	IV	9
<i>Populus alba</i> L.			II	I	II				IV		V	I	I			8
<i>Acer campestre</i> L.			I	III	III		I	I	V		II			V		8
<i>Acer campestre</i> L.		I	IV	II	III					II	I		I			7
<i>Cornus mas</i> L.			III	I	III	I		II		IV	V	V	I			6
<i>Malus sylvestris</i> Miller	I															6
<i>Prunus spinosa</i> L.			I	I	I	I	I									6
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertner							III		I	V		II		V	I	6
<i>Lonicera caprifolium</i> L.					V								II	V		5
<i>Carpinus betulus</i> L.	II			II				I			II	V	II	V		5
<i>Frangula alnus</i> Miller	I					I		I				I	I		II	5
<i>Berberis vulgaris</i> L.								I								4
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	I							I		II		IV	IV	I	III	4
<i>Rubus hirtus</i> W. et K.	III															4
<i>Prunus avium</i> L.			I		I	III	II	IV	I	I		I		I		4
<i>Viburnum lantana</i> L.							I	I								4
<i>Rhamnus catharticus</i> L.								I								4
<i>Fraxinus ornus</i> L.								I		V	I	III	V	I	IV	4
<i>Ruscus aculeatus</i> L.																4
<i>Pyrus pyraeaster</i> Burgsd.																4
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.																4
<i>Rosa canina</i> L.	I		I						I			II		I		3
<i>Viburnum opulus</i> L.			I		I		III	II		II						3
<i>Tamus communis</i> L.																3
<i>Crataegus oxyacantha</i> L.									I	IV						3
<i>Coronilla emeris</i> L.										I			I		I	3
<i>Vitis vinifera</i> L.																3
<i>Phyllirea angustifolia</i> L.												II	I		I	3
<i>Carpinus orientalis</i> Miller												I	V	I	I	3
<i>Juniperus communis</i> L.												II	II	IV	IV	3
<i>Quercus ilex</i> L.												II	V	V	V	3
<i>Rubia peregrina</i> L.												I			IV	3
<i>Humulus lupulus</i> L.	I								I							2

	Man	Po2	Tic1	Tic2	Tic3	Ad1	Ad2	Ogl10	Bos	Font	Panf	Me1	Me2	Carp	Me3	Totale
<i>Lonicera xylosteum</i> L.		1					I									2
<i>Prunus padus</i> L.			III		III											2
<i>Daphne mezereum</i> L.						II	I									2
<i>Populus nigra</i> L.						I		I								2
<i>Bryonia dioica</i> Jacq.							I	I								2
<i>Amorpha fruticosa</i> L.								II			III					2
<i>Tilia cordata</i> Miller									I					I		2
<i>Rosa arvensis</i> Hudson										II				I		2
<i>Fraxinus oxycarpa</i> Bieb.											III	IV		I		2
Strato erbaceo																
<i>Quercus robur</i> L.	III	1	II	IV	I		II	III	II		I	II	IV	II		12
<i>Rubus caesius</i> L.		1	IV	II	III	II	IV	V	V		V	I		III		12
<i>Brachypodium sylvaticum</i> (Hudson) Beauv.	III	1	III	I				I	I		III	I	III	I		11
<i>Hedera helix</i> L.	I		II	II	III	III	III	IV	V		I	IV				10
<i>Vinca minor</i> L.	II	1	I	I	I	IV	III	III			V					8
<i>Salvia glutinosa</i> L.			III	I	III	IV	IV	IV						II		7
<i>Tamus communis</i> L.			II		I	I	II	I				I	I			7
<i>Galium mollugo</i> L.			II	I	I		II	I	II				I			7
<i>Lonicera caprifolium</i> L.	III		II		IV	II		I					I			6
<i>Anemone nemorosa</i> L.	II				IV			I			V		I	II		6
<i>Ajuga reptans</i> L.			I	II	IV	II								II		6
<i>Asparagus tenuifolius</i> Lam.		1												I		6
<i>Viola odorata</i> L.	I					II	II	I	V					II		6
<i>Ulmus minor</i> Miller	I					III	III	IV						II		6
<i>Acer campestre</i> L.	I		I	I	III		II				III	I	I	II		6
<i>Pulmonaria officinalis</i> L.			I	I	I		I							II		6
<i>Vincetoxicum hirundinaria</i> Medicus														II		6
<i>Convallaria majalis</i> L.	IV		II	III	IV		I	I					V	IV		6
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	I		I													5
<i>Melica nutans</i> L.	I		III	II	III		I	I								5
<i>Galeopsis pubescens</i> Besser			III	II	III		I	I								5
<i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All.			II	II	IV				III					V		5
<i>Glechoma hederacea</i> L.			II	I	I	II	I	I								5

	Man	Po2	Tic1	Tic2	Tic3	Ad1	Ad2	Ogllo	Bos	Font	Panf	Me1	Me2	Carp	Me3	Totale
<i>Symphytum officinale</i> L.			III	I		III	II	I				V	I		I	5
<i>Molinia arundinacea</i> Schrank			II	I		IV	IV	I								5
<i>Asarum europaeus</i> L.			I	I	IV											5
<i>Moehringia trinervia</i> (L.) Clairv.	I		I	I				I		IV				III		4
<i>Euphorbia dulcis</i> L.	I			II	I								I			4
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	III							I		IV			II		IV	4
<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) Beauv.	I		I					I		III						4
<i>Carex sylvatica</i> Hudson	III				II			I								4
<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	I	1					II		V							4
<i>Parietaria officinalis</i> L.	I							I		I				I		4
<i>Geum urbanum</i> L.	I		I	I	I											4
<i>Viola reichenbachiana</i> Jordan ex Boreau																4
<i>Calamintha nepeta</i> (L.) Savi			II				I					I	I		I	4
<i>Cucubalus baccifer</i> L.		1	II	I												4
<i>Cornus mas</i> L.		1	II	I	II											4
<i>Circaea lutetiana</i> L.			I	I				I	II							4
<i>Ornithogalum umbellatum</i> L.								I						I		4
<i>Iris pseudacorus</i> L.								I						III		4
<i>Viola canina</i> L.							II	I		V				IV		4
<i>Humulus lupulus</i> L.								I	II							4
<i>Clematis vitalba</i> L.								I								4
<i>Euphorbia cyparissias</i> L.								I								4
<i>Carpinus betulus</i> L.								II								4
<i>Polygonatum odoratum</i> (Miller) Druce	IV			II		III						I	I	I	II	4
<i>Phytolacca americana</i> L.	II			I				I								4
<i>Aristolochia pallida</i> Willd.	I		I	I			III	II	II							4
<i>Carex brizoides</i> L.																4
<i>Calystegia sepium</i> (L.) R. Br.																3
<i>Cornus sanguinea</i> L.								IV				I				3
<i>Cephalanthera longifolia</i> (Hudson) Fritsch													I		I	3
<i>Symphytum tuberosum</i> L.						II				I						3
<i>Ranunculus ficaria</i> L.					I			I						II		3
<i>Listera ovata</i> (L.) R. Br.					IV			I		II						3
<i>Galium aparine</i> L.						II		II	I							3

	Man	Po2	Tic1	Tic2	Tic3	Ad1	Ad2	Oglio	Bos	Font	Panf	Me1	Me2	Carp	Me3	Totale
<i>Equisetum arvense</i> L.							I	I		I						3
<i>Aegopodium podagraria</i> L.							III	I		I						3
<i>Alliaria petiolata</i> (Bieb.) Cavara et Grande							I	I						I		3
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.							III	IV						II		3
<i>Urtica dioica</i> L.							I	I	I							3
<i>Lamium orvala</i> L.								I		I				II		3
<i>Fraxinus ornus</i> L.								I					I			3
<i>Viola hirta</i> L.															II	3
<i>Asparagus acutifolius</i> L.												I				3
<i>Carex flacca</i> Schreb.												I	III			3
<i>Quercus ilex</i> L.												III	IV		V	3
<i>Bidens tripartita</i> L.												III	III		V	3
<i>Ornithogalum pyrenaicum</i> L.												II				2
<i>Stachys officinalis</i> (L.) Trevisan										I				I		2
<i>Primula vulgaris</i> Hudson						IV										2
<i>Euonymus europaeus</i> L.								I								2
<i>Frangula alnus</i> Miller																2
<i>Sambucus nigra</i> L.																2
<i>Robinia pseudacacia</i> L.																2
<i>Lonicera japonica</i> Thunb.						II						V				2
<i>Galeopsis tetrahit</i> L.								II								2
<i>Solidago gigantea</i> Aiton		I								I						2
<i>Melampyrum pratense</i> L.		I	I					I								2
<i>Opismenus undulatifolius</i> (Ard.) Beauv.			I	I												2
<i>Carex pilosa</i> Scop.				II						V						2
<i>Paris quadrifolia</i> L.																2
<i>Buglossoides purpureoaculea</i> (L.) Johnston						II							I			2
<i>Hepatica nobilis</i> Miller						III				IV						2
<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rchb.						I				III						2
<i>Solanum dulcamara</i> L.						I	IV				I					2
<i>Carex digitata</i> L.							I			IV						2
<i>Daucus carota</i> L.							I	I								2
<i>Bryonia dioica</i> Jacq.								I	II							2
<i>Anemone ranunculoides</i> L.								I		III						2

	Man	Po2	Tic1	Tic2	Tic3	Ad1	Ad2	Oglio	Bos	Font	Panf	Me1	Me2	Carp	Me3	Totale
<i>Poa trivialis</i> L.								I							II	2
<i>Carex pendula</i> Hudson										I	V					2
<i>Arum italicum</i> Miller								II						II		2
<i>Lycopus europaeus</i> L.										I	I	I				2
<i>Carpinus orientalis</i> Miller												I	III			2
<i>Clematis flammula</i> L.												I	I		II	2

Alberi ed epifite presenti in tabella una sola volta:

Salix elaeagnos Scop.; *Quercus cerris* L.; *Pyrus pyraeaster* Burgsd.; *Castanea sativa* Miller; *Betula pendula* Roth; *Ailanthus altissima* (Miller) Swingle; *Clematis vitalba* L.; *Clematis viticella* L.; *Populus alba* L.; *Fraxinus excelsior* L.; *Castanea sativa* Miller

Arbusti presenti in tabella una sola volta:

Calluna vulgaris (L.) Hull; *Rosa gallica* L.; *Spiraea japonica*; *Pyracantha coccinea* M.J. Roemer; *Sorbus torminalis* (L.) Crantz; *Mespilus germanica* L.; *Rhamnus saxatilis* Jacq.; *Salix elaeagnos* Scop.; *Salix fragilis* L.; *Sorbus domestica* L.; *Salix alba* L.; *Populus tremula* L.; *Acer negundo* L.; *Juglans nigra* L.; *Morus alba* L.; *Lonicera japonica* Thunb.; *Rubus ulmifolius* Schott; *Viburnum opulus* L.; *Viburnum lantana* L.; *Corylus avellana* L.; *Lonicera xylosteum* L.; *Prunus spinosa* L.; *Amorpha fruticosa* L.; *Pinus pinea* L.; *Betula pendula* Roth.

Erbe presenti in tabella una sola volta:

Brassica rapa L.; *Lapsana communis* L.; *Thlaspi perfoliatum* L.; *Melampyrum nemorosum* L.; *Cerastium glomeratum* Thuill.; *Polygonum persicaria* L.; *Torilis arvensis* (Hudson) Link; *Veronica persica* Poiret; *Cardamine hirsuta* L.; *Polygonum lapathifolium* L.; *Solanum nigrum* L.; *Carex acutiformis* Ehrh.; *Aristolochia clematitis* L.; *Muscari atlanticum* Boiss. et Reuter; *Allium oleraceum* L.; *Hemerocallis fulva* L.; *Leucocorydium vernum* L.; *Galanthus nivalis* L.; *Scilla bifolia* L.; *Colechicum autumnale* L.; *Narcissus poeticus* L.; *Platanthera chlorantha* (Custer) Rehb.; *Asparagus officinalis* L.; *Geranium nodosum* L.; *Cephalanthera rubra* (L.) L.C.Rich.; *Isopyrum thalictroides* L.; *Lathraea squamaria* L.; *Lathyrus vernus* (L.) Benth.; *Neottia nidus avis* (L.) L.C.Rich.; *Carex liparocarpus* Gaudin; *Hydrocotyle vulgaris* L.; *Mercurialis perennis* L.; *Symphitum bulbosum* Schimper; *Helleborus viridis* L.; *Agropyron repens* (L.) Beauv.; *Equisetum palustre* L.; *Maianthemum bifolium* (L.) Schmidt; *Milium effusum* L.; *Oxalis acetosella* L.; *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott; *Thelypteris palustris* Schott; *Convolvulus arvensis* L.; *Luzula nivea* (L.) Lam. et DC.; *Carex distans* L.; *Carex elata* All.; *Festuca heterophylla* Lam.; *Danthonia decubens* (L.) DC.; *Festuca tenuifolia* Sibth.; *Galium glaucum* L.; *Luzula sieberi* Tausch; *Luzula multiflora* (Ehrh.) Lej.; *Molinia coerulea* (L.) Moench; *Poa nemoralis* W. et K.; *Galium palustre* L.; *Ranunculus lanuginosus* L.; *Hypericum tetrapetrum* Fries; *Sanicula europaea* L.; *Potentilla erecta* (L.) Rauschel; *Euphorbia lucida* L.; *Erianthus ravennae* (L.) Deaub.; *Cladium mariscus* (L.) Pohl.; *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv.; *Agrostis stolonifera* L.; *Ranunculus repens* L.; *Fragaria vesca* L.; *Oxalis corniculata* L.; *Campanula trachelium* L.; *Melilotus albus* (L.) Pohl.; *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv.; *Agrostis stolonifera* L.; *Ranunculus repens* L.; *Fragaria vesca* L.; *Oxalis corniculata* L.; *Campanula trachelium* L.; *Hypericum tetrapetrum* Fries; *Sanicula europaea* L.; *Potentilla erecta* (L.) Rauschel; *Euphorbia lucida* L.; *Cirsium erisithales* (Jacq.) Scop.; *Dorycnium pentaphyllum* Scop.; *Artemisia vulgaris* L.; *Lysimachia nummularia* L.; *Scrophularia nodosa* L.; *Angelica sylvestris* L.; *Hieracium sylvaticum* (L.) L.; *Myosoton aquaticum* (L.) Moench; *Ranunculus auricomus* L.; *Thalictrum aquilegifolium* L.; *Mentha aquatica* L.; *Samolus valerandi* L.; *Verbena officinalis* L.; *Viola alba* Besser; *Viola collina* Besser; *Taraxacum officinale* Weber; *Athyrium filix foemina* (L.) Roth; *Duchesnea indica* (Andrews) Focke; *Potentilla reptans* L.; *Carduus nutans* L.; *Teucrium chamaedrys* L.; *Coronilla minima* L.; *Euphorbia amygdaloides* L.; *Gemista germanica* L.; *Helleborus foetidus* L.; *Vinca major* L.;

Fauna acquatica e qualità biologica del Po

Guido BADINO^(*), Gilberto FORNERIS^(**), Elso LODI^(*)
& Giuseppe MAIORANA^(*)

Abstract. - *Aquatic fauna of the Po forms a relatively complex food web (80 taxa have been sampled in the reach Saluzzo-Carignano). It takes an active part in self-depuration processes.*

Urban and industrial pollution, fish restocking, river regulation works, water depletion for industrial and agricultural uses locally reduced the species richness of the Po animal community. Here, we present some cases evidencing a close relation between environment and fauna alterations, at the level of macroinvertebrates, fish and birds.

Fish and macroinvertebrates have been used for a biomonitoring program of water quality of the Piedmontese section of the Po River and its tributaries.

La fauna strettamente acquatica dell'ecosistema fluviale padano costituisce una rete alimentare ampiamente articolata e mostra come componenti principali gli invertebrati bentonici ed i pesci. Come in tutti gli ecosistemi fluviali soprattutto gli invertebrati, ma anche i pesci, intervengono in maniera determinante nel mantenimento della funzionalità del sistema, partecipando alla riciclagione del detrito, alla parziale immobilizzazione dei composti xenobiotici e quindi ai processi di autodepurazione.

Rete alimentare del Po e alterazioni ambientali

La complessità del popolamento faunistico del Po è dimostrabile già a livello del tratto superiore, per esempio a monte di Torino, tra Saluzzo e Carignano. Almeno 80 taxa sono stati campionati: essi comprendono una trentina di specie ittiche, una decina di uccelli, una quarantina di invertebrati (tab. 1). L'elevato numero di organismi animali e la serie complessa di rapporti trofici rendono praticamente impossibile rappre-

^(*) Dipartimento di Biologia Animale, Università di Torino.

^(**) Dipartimento di Produzioni Animali, Epidemiologia ed Ecologia, Università di Torino.

Tabella 1 - Struttura della comunità biologica del Po nel tratto Saluzzo-Carignano.

PRODUTTORI: macrofite, periphyton	
ERBIVORI:	
GASTEROPODI	<i>Ancylus, Bithynia, Planorbarius, Theodoxus, Valvata</i> (in parte*).
BIVALVI	<i>Pisidium</i> .
INSETTI	
Efemerotteri:	<i>Ecdyonurus, Ephemerella, Baetis</i> (in parte).
Tricotteri:	<i>Silo, Limnephilus</i> (in parte).
Coleotteri:	<i>Elmis, Hydraena, Laccobius, Haliplidae</i> .
PESCI	<i>Chondrostoma soetta</i> (in parte).
CARNIVORI (di primo ordine):	
INSETTI	
Plecotteri:	<i>Dinocras</i> .
Tricotteri:	<i>Rhyacophila</i> .
Odonati:	<i>Agrion, Calopteryx, Coenagrion, Cordulegaster</i> .
Ditteri:	<i>Muscidae, Limoniidae, Atrichops</i>
IRUDINEI	<i>Helobdella, Erpobdella, Glossiphonia, Dina</i> .
TRICLADI	<i>Dendrocoelum, Dugesia, Polycelis</i> .
PESCI	<i>Alburnus a. alborella</i> (Alborella), <i>Gobio gobio</i> (Gobione), <i>Barbus plebejus</i> (Barbo comune), <i>Barbus meridionalis</i> (Barbo canino), <i>Lepomis gibbosus</i> (Persico sole, in parte), <i>Cobitis taenia</i> (Cobite in parte), <i>Sabanejewia larvata</i> (Cobite mascherato, in parte), <i>Padogobius martensii</i> (Ghiozzo padano), <i>Thymallus thymallus</i> (Temolo, in parte).
CARNIVORI (di secondo ordine):	
INSETTI	
Eterotteri:	<i>Nepa</i> .
Coleotteri:	<i>Dytiscus</i> .
PESCI	<i>Anguilla anguilla</i> (Anguilla), <i>Ictalurus</i> sp. (Pesce gatto, in parte), <i>Salmo (trutta) trutta</i> (Trota di torrente), <i>S. (trutta) marmoratus</i> (Trota marmorata), <i>Oncorhynchus mykiss</i> (Trota iridea), <i>Perca fluviatilis</i> (Persico reale), <i>Esox lucius</i> (Luccio), <i>Micropterus salmoides</i> (Persico trota).
UCCELLI	<i>Ardea cinerea</i> (Airone cenerino, in parte), <i>Fulica atra</i> (Folaga), <i>Gallinula chloropus</i> (Gallinella d'acqua), <i>Larus ridibundus</i> (Gabbiano comune), <i>Sterna hirundo</i> (Sterna), <i>Alcedo atthis</i> (Martin Pescatore), <i>Phalacrocorax phalacrocorax</i> (Cormorano).
ONNIVORI:	
INSETTI	
Tricotteri:	<i>Hydropsiche</i> .
PESCI	<i>Rutilus erythrophthalmus</i> (Triotto), <i>Rutilus pigus</i> (Pigo), <i>Leuciscus cephalus</i> (Cavedano), <i>Leuciscus souffia</i> (Vairone), <i>Phoxinus phoxinus</i> (Sanguinerola), <i>Tinca tinca</i> (Tinca), <i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Scardola), <i>Chondrostoma genei</i> (Lasca), <i>Carassius carassius</i> (Carassio), <i>Cyprinus carpio</i> (Carpa).
DETRITIVORI:	
OLIGOCHETI	<i>Lumbricidae, Lumbriculidae, Tubificidae</i> .
BIVALVI	<i>Unio</i> .
INSETTI	
Ditteri	<i>Simulium, Tipula, Orthocladius</i> .
CROSTACEI	
Anfipodi:	<i>Gammarus</i> .
Isoodi:	<i>Asellus</i> .

*) Si riferisce al ruolo trofico (erbivoro, carnivoro, ...).

sentare graficamente la rete alimentare corrispondente. Come si può vedere sono rappresentati tutti i livelli trofici dai produttori ai carnivori di secondo ordine.

Tra i pesci importante è la presenza della Trota marmorata (*Salmo (trutta) marmoratus*), endemica del bacino padano, e dell'ormai raro e vulnerabile Temolo (*Thymallus thymallus*).

Struttura e funzionalità della rete trofica possono subire profonde alterazioni a seguito delle attività umane: industriali, agricole, urbane, estrazione di inerti, sbarramenti e cementificazione delle sponde, ripopolamenti ittici incontrollati, captazioni e derivazioni per usi diversi.

Per esempio, l'inquinamento industriale del Sangone nel tratto in cui attraversa l'interland torinese porta ad una drastica riduzione dei taxa potenziali fino alla sopravvivenza di soli dieci taxa legati alla catena del detrito (tab. 2). L'inquinamento in generale riduce il numero delle specie sensibili, ma determina l'incremento di quelle tolleranti e abbassa nell'insieme la diversità della comunità biologica. La qualità degli affluenti si riflette in maniera significativa ed apprezzabile sulla fauna del Po, nei tratti immediatamente a valle della confluenza. Per quanto

Tabella 2 - Struttura della comunità biologica del Sangone a Nichelino (Torino).

PRODUTTORI: periphyton	
ERBIVORI:	
GASTEREOPODI	<i>Lymnaea</i> .
CARNIVORI (di primo ordine):	
IRUDINEI	<i>Dina</i> .
PESCI	<i>Padogobius martensii</i> (Ghiozzo padano).
ONNIVORI:	
PESCI	<i>Rutilus erythrophthalmus</i> (Trioito), <i>Leuciscus souffia</i> (Vairone), <i>Tinca tinca</i> (Tinca), <i>Carassius carassius</i> (Carassio), <i>Cyprinus carpio</i> (Carpa).
DETRITIVORI:	
OLIGOCHETI	<i>Tubifex</i> .
INSETTI	
Ditteri	<i>Cricotopus</i> .

concerne il popolamento ittico, i campionamenti nel Po a monte e a valle del Sangone (tab. 3) lo dimostrano con chiarezza: il numero di specie si riduce del 30% circa. Scompaiono tra gli altri tutti i Salmonidi, compresi Temolo e Trota marmorata (pregiati dal punto di vista alieutico), e con essi la Sanguinerola (*Phoxinus phoxinus*), specie accompagnatrice, ed il Persico reale (*Perca fluviatilis*). Altre specie sensibili, come il Gobione (*Gobio gobio*), diminuiscono di densità (da

Tabella 3 - Popolamento ittico nel Fiume Po a Moncalieri (Torino) (da «Carta Ittica della Regione Piemonte» 1992, mod.)

(a monte del Torrente Sangone)		(a valle del Torrente Sangone)	
Trota fario, <i>Salmo (trutta) fario</i>	pr	Alborella, <i>Alburnus alburnus alborella</i>	ab
Trota marmorata, <i>Salmo (trutta) marmoratus</i>	pr	Lasca, <i>Chondrostoma genei</i>	pr
Trota iridea, <i>Oncorhynchus mykiss</i>	pr	Gobione, <i>Gobio gobio</i>	2 pr
Temolo, <i>Thymallus thymallus</i>	pr	Persico sole, <i>Lepomis gibbosus</i>	pr
Pigo, <i>Rutilus pigo</i>	1 pr	Cobite, <i>Cobitis taenia</i>	pr
Vairone, <i>Leuciscus souffia</i>	ab	Ghiozzo padano, <i>Padogobius martensii</i>	ab
Sanguinerola, <i>Phoxinus phoxinus</i>	pr		
Persico reale, <i>Perca fluviatilis</i>	pr		
Persico trota, <i>Micropterus salmoides</i>	pr		
Luccio, <i>Esox lucius</i>	pr		
Triotto, <i>Rutilus erythrophthalmus</i>	pr		
Cavedano, <i>Leuciscus cephalus</i>	ma		
Tinca, <i>Tinca tinca</i>	pr		
Scardola, <i>Scardinius erythrophthalmus</i>	pr		
Alborella, <i>Alburnus alburnus alborella</i>	ma		
Lasca, <i>Chondrostoma genei</i>	ab		
Savetta, <i>Chondrostoma soetta</i>	pr		
Gobione, <i>Gobio gobio</i>	ab		
Barbo, <i>Barbus plebejus</i>	ab		
Carassio dorato, <i>Carassius auratus</i>	pr		
Carpa, <i>Cyprinus carpio</i>	pr		
Anguilla, <i>Anguilla anguilla</i>	pr		
Persico sole, <i>Lepomis gibbosus</i>	ab		
Pesce gatto, <i>Ictalurus sp.</i>	pr		
Cobite, <i>Cobitis taenia</i>	ma		
Ghiozzo padano, <i>Padogobius martensii</i>	ma		
Totale specie ittiche: 26 popolamento ittico a Ciprinidi reofili		Totale specie ittiche: 18 popolamento ittico a Ciprinidi limnofili	
scompaiono a valle 1		hanno densità ridotta rispetto a monte 2	
		aumentano la densità rispetto a monte 3	
ma = molto abbondante			
ab =abbondante			
pr =presente			

abbondanti a solo presenti). Al contrario pesci tolleranti ed opportunisti, come la Scardola (*Scardinius erythrophthalmus*) ed il Carassio dorato (*Carassius auratus*), divengono dominanti (da presenti ad abbondanti).

Nei confronti di elementi o composti chimici scarsamente metabolizzabili le catene alimentari fungono da sistemi di graduale accumulo, processo noto come biomagnificazione. Anche nel Po il fenomeno è stato registrato nel tratto medio e nel delta, ove emergono gli effetti negativi dell'attività antropica di tutta la Pianura Padana. Se nei pesci le concentrazioni, per esempio del mercurio e dei policlorobifenili, sono a livelli bassi ed inferiori a quelle registrate nella fauna ittica del Tirreno settentrionale (LEONZIO & *al.*, 1981; LEONZIO & *al.*, 1990), negli uccelli che si nutrono di pesci, come la Sterna (*Sterna hirundo*) e il Fraticello (*Sterna albifrons*), si ritrovano concentrazioni anche cento volte superiori di mercurio, dieci volte di PCB (FOCARDI & *al.*, 1990a; FOCARDI & *al.*, 1990b).

Gli autori che hanno studiato il fenomeno hanno rilevato tuttavia che i pesticidi organoclorurati ed i PCB sono diminuiti sensibilmente nella fauna acquatica e negli uccelli piscivori da quando il DDT è stato proibito nella pratica agricola e i PCB tenuti sotto controllo nei processi industriali.

Diversità ambientale e ornitofauna

Numerosi sono gli uccelli legati all'ambiente fluviale del Po. Essi sfruttano per la nidificazione diversi habitat del fiume: i greti, le ripe sabbiose e argillose, i mucchi di ghiaia, gli isoloni al centro del fiume, le lanche ed i laghetti di cava, i canneti, le formazioni vegetali ripariali, i boschi d'alto fusto ed i pioppeti ai margini del fiume (tab. 4). Ogni alterazione di questi habitat produce effetti negativi sulla nidificazione, quindi sulla diversità dell'ornitofauna. Per le sterne ed i gabbiani, che nidificano sugli isoloni, accanto ai fattori naturali (piene del fiume e predazione) tutti i fattori di disturbo antropici (presenza di pescatori e bagnanti, incursioni dei mezzi fuoristrada) sono responsabili di insuccessi riproduttivi per interruzione della cova, distruzione dei nidi ecc., come hanno osservato BARBIERI & BOGLIANI (1990) nel tratto Casale-Piacenza.

La sostituzione dei boschi ripariali con pioppeti riduce analogamente le possibilità di nidificazione per gli uccelli, soprattutto se le pratiche colturali portano, con l'erpicazione spinta, all'eliminazione del sottobosco. Gli stessi autori riscontrano nel medio tratto del Po (alla confluenza con il Ticino) che, delle ventidue specie di uccelli solitamente nidificanti nelle formazioni boschive ripariali, solo dieci continuano a riprodursi nei pioppeti sostituiti ai boschi, in assenza di sottobosco.

Tutte le opere di difesa delle sponde e di regimazione del fiume,

Tabella 4 - Specie d'Uccelli legate all'ambiente fluviale - habitat di nidificazione.

GRETI, RIPE SABBIOSE-ARGILLOSE, MUCCHI DI GHIAIA	LANCHE E LAGHETTI DI CAVA	BOSCHI E ARBUSTI RIPARI, FRAGMENTI
Ballerina bianca (<i>Motacilla alba</i>) Calandrella (<i>Calandrella cinerea</i>) Cappellaccia (<i>Galerida cristata</i>) Corriere piccolo (<i>Charadrius dubius</i>) Gruccione (<i>Merops apiaster</i>) Martin pescatore (<i>Alcedo atthis</i>) Occhione (<i>Burhinus oedicnemus</i>) Piro piro piccolo (<i>Tringa hypoleucos</i>) Topino (<i>Riparia riparia</i>) Tottavilla (<i>Lullula arborea</i>)	Folaga (<i>Fulica atra</i>) Gallinella d'acqua (<i>Gallinula chloropus</i>) Germano reale (<i>Anas platyrhynchos</i>) Marzaiola (<i>Anas querquedula</i>) Migliarino di palude (<i>Emberiza schoeniclus</i>) Pendolino (<i>Remiz pendulinus</i>) Porciglione (<i>Rallus aquaticus</i>) Salciaiola (<i>Locustella luscinioides</i>) Svasso collo rosso (<i>Tachybaptus ruficollis</i>) Svasso maggiore (<i>Podiceps cristatus</i>) Tarabusino (<i>Ixobrychus minutus</i>)	Airone cinerino (<i>Ardea cinerea</i>) Airone rosso (<i>Ardea purpurea</i>) Cannaiaola (<i>Acrocephalus scirpaceus</i>) Cannaiaola verdognola (<i>Acrocephalus palustris</i>) Cannareccione (<i>Acrocephalus arundinaceus</i>) Falco di palude (<i>Circus aeruginosus</i>) Garzetta (<i>Egretta garzetta</i>) Merlo acquaiolo (<i>Cinclus cinclus</i>) Nitticora (<i>Nycticorax nycticorax</i>) Usignolo di fiume (<i>Cettia cetti</i>)

ISOLONI
Fratlicello (<i>Sterna albifrons</i>) Gabbiano comune (<i>Larus ridibundus</i>) Gabbiano reale (<i>Larus cachinnans</i>) Rondine di mare (<i>Sterna hirundo</i>)

BOSCHI D'ALTO FUSTO
Nibbio bruno (<i>Milvus migrans</i>)

PIOPPETI
Falco iodolai (<i>Falco subbuteo</i>)

modificando gli habitat marginali e la velocità della corrente, incidono negativamente sulla funzione riproduttiva degli uccelli e dei pesci e inoltre impediscono lo sviluppo di una fauna equilibrata di invertebrati, indispensabile anche come risorsa alimentare.

Invertebrati e pesci indicatori di qualità ambientale

Nell'ambito della fauna acquatica i macroinvertebrati vengono comunemente utilizzati come indicatori di alterazione dell'ambiente fluviale. Le variazioni di diversità dei loro popolamenti, convertite in indici numerici sintetici, quantificano la gravità dell'inquinamento del fiume. L'indice più comunemente usato da un decennio a questa parte, l'E.B.I. (Extended Biotic Index: WOODIWISS, 1978; GHETTI, 1986) basato sugli invertebrati di fondo, è stato applicato per un monitoraggio ad ampio spettro su tutto il corso del Po e più in dettaglio sul reticolo idrografico del territorio piemontese (fig. 1).

La Regione Piemonte ha promosso nel 1989 un programma di controllo delle acque per la stesura della Carta Ittica. In questo ambito i valori degli E.B.I. sono stati riportati su mappa, riferiti a cinque classi di qualità, rappresentate con colori convenzionali (ad esempio, la I classe indica le condizioni naturali ed è contrassegnata dal colore azzurro, la V classe indica inquinamento molto grave ed è contrassegnata con il rosso). Uno sguardo di insieme alla mappa consente di concludere che tutto il reticolo piemontese convergente sul Po è in condizioni naturali solo nei tratti montani. Non appena i corsi d'acqua raggiungono la pianura si presentano più o meno alterati: scarichi urbani, industriali e zootecnici sono i principali responsabili delle alterazioni. Il Po, a monte di Torino, riceve le acque di V classe del Chisola, Sangone e Banna. Fortunatamente la portata elevata con il suo effetto diluente consente al Po di abbassare il livello dei tossici biodisponibili; la qualità del fiume nel tratto torinese e a valle oscilla tra la III e la IV classe (la stima è forse pessimistica, data la difficoltà di campionamento dei macroinvertebrati nei tratti a forte portata). L'immissione poi di affluenti in buone condizioni, come la Dora Baltea, migliora sensibilmente la qualità del Po fino alla II classe.

GHETTI (1993) estende l'indagine con gli E.B.I. fino al Delta padano: il Po, superato il territorio piemontese, non recupera più le condizioni naturali, alternando III e II classe nel tratto medio e passando definitivamente alla III classe dal reggiano al Delta. Inoltre BATTEGAZZORE (1991) rileva forti alterazioni del popolamento di macroinvertebrati alla confluenza del Lambro, proveniente dall'area milanese.

Sul Po in provincia di Torino e su alcuni affluenti è stato recentemente applicato nell'ambito del progetto regionale M.A.R.I.U.S. (Monitoraggio Ambientale Risorse Idriche Utenti Scarichi) un nuovo indice di qualità biologica delle acque, basato sulle variazioni dei popolamenti ittici in termini di ricchezza in specie, di struttura in classi di taglia e di densità: esso è risultato in molte situazioni più sensibile dell'E.B.I. e più aderente alle condizioni reali (BADINO & *al.*, in corso di stampa).

L'indice si ricava utilizzando la seguente formula:

$$I.I. \text{ (Indice Ittico)} = S (0,5 + 0,25 a + 0,25 b)$$

dove S è il numero totale di specie campionate su un'area standard di 100 m^2 , a e b sono due fattori che tengono conto rispettivamente delle classi di taglia delle singole specie e della biomassa ittica totale.

Come per l'E.B.I., i valori dell'indice ittico sono riferiti a 5 classi di qualità ambientale, rappresentate cartograficamente con gli stessi colori convenzionali (tab. 5).

Le indagini condotte in Marzo e Luglio 1992 confermano che le gravi alterazioni ambientali degli affluenti Banna, Chisola, Sangone e Dora Riparia si riflettono sui popolamenti ittici, che scendono alla II-V classe

Tabella 5 - Classificazione delle acque correnti (zona a Ciprinidi) per mezzo dell'Indice Ittico, I.I.

I.I.	classe	colore	comunità ittica
≥ 17	I	<i>blu</i>	sono presenti quasi tutte le specie caratteristiche, in rapporti equilibrati
7,75 - 16,75	II	<i>verde</i>	sono ancora presenti molte specie, mancano tuttavia alcune specie caratteristiche della zona
4,50 - 7,50	III	<i>giallo</i>	il popolamento ittico è alterato significativamente
2,25 - 4,25	IV	<i>arancio</i>	la struttura del popolamento ittico non è equilibrata; sono presenti relativamente poche specie
0 - 2	V	<i>rosso</i>	non ci sono pesci oppure sopravvivono poche specie molto tolleranti

di qualità. Il potere autodepurante del Po neutralizza gli effetti degli affluenti inquinati (diluizione e immobilizzazione dei tossici): il suo popolamento ittico a valle di Torino si inquadra nella II classe, come a monte della città.

Inquinamento e zonazione dell'ittiofauna

La fauna ittica del bacino padano è distribuita secondo una zonazione longitudinale, i cui limiti in diversi casi si discostano da quelli teoricamente attesi: ad esempio, nella Dora Riparia manca praticamente la zona a marmorata-temolo e si trovano quasi esclusivamente trote fario adulte, immesse con i ripopolamenti. La densità delle popolazioni ittiche è comunque molto bassa in tutto il corso della Dora: la situazione è dovuta alla presenza di numerosi sbarramenti e derivazioni a scopo irriguo, allo scarico di reflui civili ed industriali, alla torbidità dell'acqua provocata dall'attività estrattiva; l'alterazione ambientale è confermata da bassi valori di E.B.I. (III-IV classe).

Nell'Agogna, che scorre nel Novarese, la zona a marmorata e temolo è sostituita da quella a ciprinidi reofili con biomassa ridotta già a monte di Borgomanero, in presenza di comunità macrobentoniche fortemente alterate (III-V classe) per inquinamento d'origine industriale e agricolo.

Nel Po la zona a marmorata e temolo è ricca fino Carignano. A monte di Torino la confluenza nel Po del Banna, Chisola e Sangone determina la sostituzione dei salmonidi con i ciprinidi reofili alternati ai ciprinidi limnofili, anche in acque ecologicamente compatibili con la Trota marmorata, come dimostrano i popolamenti dei tratti finali dell'Orco e della Dora Baltea. Proprio a valle della confluenza della Dora Baltea, per l'immissione di acque di origine glaciale della valle d'Aosta, il popolamento ittico migliora di qualità improvvisamente in quanto ricompare una stretta zona a marmorata e temolo.

Specie a rischio e introdotte

Nell'ambito dell'intero bacino padano non soltanto la Trota marmorata ed il Temolo corrono il rischio di estinzione. Secondo il «Libro Rosso» curato da PAVAN (1992) sono vulnerabili anche la Lampreda (*Lampetra zanandreae*), lo Spinarello (*Gasterosteus aculeatus*) e lo Storione ladano (*Huso huso*). Più numerose sono le specie parzialmente minacciate, come l'Alborella (*Alburnus alburnus alborella*), il Persico reale, lo Scazzone (*Cottus gobio*) e la Sanguinerola (tab. 6).

Tabella 6 - Specie ittiche e lamprede del Po a rischio, parzialmente minacciate e non minacciate (da PAVAN 1992, modificato).

VULNERABILI E/O IN PERICOLO	PARZIALMENTE MINACCIATE	NON MINACCIATE
Lampreda <i>Lampetra zanandreae</i>	Alborella meridionale <i>Alburnus alburnus</i> <i>alborella</i>	Anguilla <i>Anguilla anguilla</i>
Lampreda di mare <i>Petromyzon marinus</i>	Alosa <i>Alosa fallax nilotica</i>	Barbo canino <i>Barbus meridionalis</i>
Spinarello <i>Gasterosteus aculeatus</i>	Cobite barbatello <i>Orthrias barbatulus</i>	Barbo <i>Barbus plebejus</i>
Storione cobice <i>Acipenser naccarii</i>	Cobite mascherato <i>Sabanejewia larvata</i>	Carassio dorato <i>Carassius auratus</i>
Storione <i>Acipenser sturio</i>	Ghiozzetto di laguna <i>Knipowitschia panizzae</i>	Carassio <i>Carassius carassius</i>
Storione ladano <i>Huso huso</i>	Ghiozzo padano <i>Padogobius martensii</i>	Carpa <i>Cyprinus carpio</i>
Temolo <i>Thymallus thymallus</i>	Gobione <i>Gobio gobio</i>	Cavedano <i>Leuciscus cephalus</i>
Trota marmorata <i>Salmo (trutta) marmoratus</i>	Lasca <i>Chondrostoma genei</i>	Cobite <i>Cobitis taenia</i>
	Panzarolo <i>Orsinigobius punctatissimus</i>	Luccio <i>Esox lucius</i>
	Persico reale <i>Perca fluviatilis</i>	Persico sole <i>Lepomis gibbosus</i>
	Pigo <i>Rutilus pigo</i>	Persico trota <i>Micropterus salmoides</i>
	Sanguinerola <i>Phoxinus phoxinus</i>	Pesce gatto <i>Ictalurus sp.</i>
	Scazzone <i>Cottus gobio</i>	Savetta <i>Chondrostoma soetta</i>
	Trota fario <i>Salmo (trutta) fario</i>	Scardola <i>Scardinius erythrophthalmus</i>
	Vairone <i>Leuciscus souffia</i>	Siluro <i>Silurus glanis</i>
		Tinca <i>Tinca tinca</i>
		Triotto <i>Rutilus erythrophthalmus</i>

Su quaranta specie di pesci e lamprede ventitré (57% circa) sono in pericolo o parzialmente minacciate.

Una forma di inquinamento biologico, che ha riflessi gravi sulla struttura dei popolamenti ittici autoctoni, è rappresentata dall'introduzione di specie alloctone (tab. 7), quasi sempre opportuniste, come il Persico sole (*Lepomis gibbosus*) ed il Pesce gatto (*Ictalurus* sp.), e ittiofaghe, come il Persico trota (*Micropterus salmoides*) e recentemente il Siluro (*Silurus glanis*). Il Siluro, proveniente dall'Europa orientale, è in preoccupante espansione (GANDOLFI & GIANNINI, 1979). Nell'areale di origine questo vorace pesce può raggiungere 4 m di lunghezza, corrispondenti a 200 kg, quindi rappresenta nel Po un grave pericolo per la fauna ittica autoctona.

Salvaguardia dell'integrità genetica dei Salmonidi

Le specie autoctone sono anche sottoposte ad inquinamento genetico, a causa delle operazioni di transfaunazione e di ripopolamento con pesci di allevamento, che purtroppo sono ancora considerate interventi fondamentali nella gestione della pesca. Se un corso d'acqua presenta condizioni naturali e la pressione di pesca è contenuta in termini adeguati, non è necessario alcun tipo di ripopolamento. Quando queste condizioni non si verificano può essere necessario un ripopolamento di mantenimento mirato, all'interno di una politica organica di gestione delle risorse ittiche. Occorre tener conto innanzitutto della capacità biogenica del corso d'acqua, considerando che l'immissione di esemplari in eccesso esaspera la competizione per il cibo e lo spazio, aumenta perciò la mortalità, riduce la crescita e la capacità riproduttiva della popolazione, vanificando l'esito del ripopolamento stesso.

Una specie ittica del bacino padano particolarmente interessata dall'inquinamento genetico è la Trota marmorata di importante valore naturalistico in quanto endemica del Po e dei suoi affluenti di sinistra. È particolarmente abbondante nel Po a monte di Torino, nell'Orco, nella Stura di Lanzo, nel Pellice e nel Varaita. L'immissione della Trota fario ove è presente la marmorata determina la comparsa di ibridi tra le due entità; la semina di marmorate provenienti da bacini differenti o addirittura da allevamenti modifica il patrimonio genetico delle popolazioni locali.

Per mantenere o ricostituire le popolazioni locali a rischio è auspicabile l'avvio di programmi di riproduzione controllata, onde evitare ripopolamenti con materiale alloctono, spesso portatore di patologie trasmissibili alle popolazioni locali. Sono confortanti a tal proposito i risultati ottenuti con gli incubatoi di vallata. La Provincia

Tabella 7 - Specie ittiche introdotte nel Po dall'inizio secolo (da GANDOLFI & al. 1991, modificato).

FAMIGLIA		SPECIE	ORIGINE	EPOCA
ACIPENSERIDI	Storione bianco	<i>Acipenser transmontanus</i>	Nord-America	anni recenti
CIPRINIDI	Abramide	<i>Abramis brama</i>	Europa centrale	1980
	Carpa argento	<i>Hypophthalmichthys nobilis</i>	Cina orientale	1984
	Carpa erbivora	<i>Ctenopharyngodon idellus</i>	Cina orientale	1970
	Carpa testa grossa	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Cina orientale	1984
	Rasbora	<i>Pseudorasbora parva</i>	Asia orientale	1990
	Rodeo amaro	<i>Rhodeus sericeus</i>	Europa, Asia	1990
	Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	Europa, Asia	1990
SILURIDI	Siluro	<i>Silurus glanis</i>	Europa orientale	1979
ICTALURIDI	Pesci gatto	<i>Ictalurus melas</i>	Nord-America	inizio secolo
		<i>Ictalurus nebulosus</i>	Nord-America	inizio secolo
		<i>Ictalurus punctatus</i> e possibili ibridi	Nord-America	1980
SALMONIDI	Trota iridea	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Nord-America	inizio secolo
CIPRINODONTIDI	Gambusia	<i>Gambusia holbrooki</i>	Nord-America	1992
CENTRARCHIDI	Persico sole	<i>Lepomis gibbosus</i>	Nord-America	inizio secolo
	Persico trota	<i>Micropterus salmoides</i>	Nord-America	inizio secolo

di Torino ha avviato, nell'ultimo decennio, tale esperienza. Sono state finanziate e costruite, una per ogni bacino montano, piccole unità produttive che vengono gestite dai pescatori locali. Inizialmente, al fine di collaudare le strutture e di preparare gli operatori, gli incubatoi producevano avannotti e trotelle partendo esclusivamente da uova embrionate acquistate dalla Provincia presso allevamenti specializzati; in un secondo tempo, raggiunta una sufficiente affidabilità operativa, hanno cominciato a produrre anche avannotti da uova provenienti direttamente da riproduttori locali.

Il recupero di ceppi originari e il potenziamento delle popolazioni autoctone deve costituire un punto fermo, un baluardo a difesa della biodiversità ed una garanzia per la tutela delle comunità ittiche. I torrenti ed i fiumi, già in balia dell'inquinamento, delle captazioni idriche, delle opere di scavo e delle cementificazioni, non dovrebbero più essere soggetti ad interventi irresponsabili almeno nell'ambito della gestione delle risorse idriche.

BIBLIOGRAFIA

- BADINO G., FORNERIS G. & LODI E. (1992), *Carta Ittica relativa al territorio della Regione Piemonte*. Regione Piemonte vol. I, 186 pp.; vol. II, 295 pp. Stamperia Artistica Nazionale, Torino.
- BADINO G., FORNERIS G. & LODI E. (in corso di stampa), *Ichthyic index: a new standard method for the river biological water quality assessment*. J. Appl. Ichthyol.
- BARBIERI F. & BOGLIANI G. (1990), *Biologia e dinamica di popolazioni di gabbiani e sterne lungo il Po*. Atti Convegno «Fiume Po. Contributi scientifici per la conoscenza dell'ecosistema fluviale padano». Giugno 1989. Ambiente Risorse Salute **104** (suppl.), 51-52.
- BATTEGAZZORE M. (1991), *Definizione della qualità delle acque del Po mediante lo studio della comunità macrobentoniche*. Atti Convegno «La qualità delle acque del Fiume Po negli anni '90». Ferrara. Quad. Ist. Ric. Acqua CNR **92**, 13.1-13.72.
- BOGLIANI G. & CELADA C. (1990), *Gli uccelli nidificanti nei pioppeti coltivati della gola del Po: effetti delle variabili ambientali sul popolamento*. Atti Convegno «Fiume Po. Contributi scientifici per la conoscenza dell'ecosistema fluviale padano». Giugno 1989. Ambiente Risorse Salute **104** (suppl.), 53-54.

- FOCARDI S., FOSSI C., LEONZIO C., MATTEI N., FRANCHI E. & MORELLI P. (1990a), *Livelli degli idrocarburi clorurati in alcune specie di pesci del Fiume Po*. Atti Convegno «Fiume Po. Contributi scientifici per la conoscenza dell'ecosistema fluviale padano». Giugno 1989. Ambiente Risorse Salute **104** (suppl.), 68-70.
- FOCARDI S., FOSSI C., LEONZIO C., MASSI A., BACCETTI N., MARSILI L. & BENOCCHI S. (1990b), *Variazione della contaminazione da organoclorurati e metalli pesanti in specie ornitiche del Delta del Po nel periodo 1977-1987*. Atti Convegno «Fiume Po. Contributi scientifici per la conoscenza dell'ecosistema fluviale padano». Giugno 1989. Ambiente Risorse Salute **104** (suppl.), 128-131.
- GANDOLFI G. & GIANNINI M. (1979), *La presenza di Silurus glanis nel Fiume Po (Osteichthyes, Siluridae)*. Natura. Soc. ital. Sci. nat. Mus. civ. Stor. nat. Acquario civ. Milano, **70**, 3-6.
- GANDOLFI G., ZERUNIAN S., TORRICELLI P. & MARCONATO A. (1991), *I Pesci delle acque interne italiane*, XVI+617 pp. Ist. Poligr. Zecca Stato, Roma.
- GHETTI P.F. (1986), *I macroinvertebrati nell'analisi di qualità dei corsi d'acqua*. Prov. Autonoma Trento, 111 pp. Trento. Tipografia Bertelli.
- GHETTI P.F. (1993), *Manuale per la difesa dei fiumi*, XVIII+293 pp. Ed. Fond. G. Agnelli, Torino.
- LEONZIO C., BACCI E., FOCARDI S. & RENZONI A. (1981), *Heavy metals in organisms from the northern Tyrrhenian sea*. The Sci. Total Environ., **20**, 131-146.
- LEONZIO C., MATTEI N., FRANCHI E., MORELLI P., FOSSI C. & FOCARDI S. (1990), *Metalli pesanti in varie specie ittiche del delta del Po*. Atti Convegno «Fiume Po. Contributi scientifici per la conoscenza dell'ecosistema fluviale padano». Giugno 1989. Ambiente Risorse Salute **104** (suppl.), 123-124.
- PAVAN M. (1992), *Contributo per un «Libro rosso» della fauna e della flora minacciate in Italia*. Ist. Entomologia Univ. Pavia, 719 pp. Tip. Meroni, Albese, Como.
- WOODIWISS F.S. (1978), *The Trent Biotic Index - Macroinvertebrates in biological surveillance. Elaboration of the scientific bases for monitoring of surface water by hydrological indicators*, 58-81. Report 1st U.K./U.S.S.R. Seminar, Valdai, U.S.S.R., 1976.

Il ruolo delle fasce fluviali nella pianificazione territoriale: il caso del Po

Roberto GAMBINO^(*)

Abstract. *River floodplains are assuming a growing role in territorial planning and management in the whole Europe, in relation with the urban diffusion and the increasing importance of cultured landscapes and environmental values in economic and territorial processes. The worsening of problems and conflicts affecting them compels to look for more integrated policies, joining the hydrologic and hydrogeologic aspects with those concerning economics, infrastructure and settlement organization, land uses, ecology and landscape.*

The case of Po River and the Progetto Po of Regione Piemonte are particularly significant, in relation not only with the size of Po basin and its role in the Italian history and economy, but also with the current reforms of management institutions and philosophy, based on the Act n. 183/1989 and the subsequent activity of the Basin Authority.

The experience of Progetto Po points out the need for a deep change in strategies of water and soil management, to avoid the negative effects of the sectorial or «emergency» policies. The key option concerns the freedom of the river dynamics and evolution, which requires more coherent and sustainable land uses and development patterns.

The safeguard of the river strip, as one of the main ecological corridors of the European Ecological Network and a basic resource for many tens of millions people, implies special protection measures (a first step was in 1990 the constitution of the Nature Park of the River Po), to be coordinated with the regional and local planning, in the frame of the Basin Plan. But the effectiveness and coherence of policies concerning river resources also require bridging the gap between binding measures and public expense decisions, a gap which is in Italy particularly wide.

1. Un problema europeo

Circa negli stessi anni in cui il Consiglio Regionale del Piemonte approvava le proposte del Progetto territoriale per la fascia fluviale del

^(*) ordinario di Urbanistica, Dipartimento Interateneo Territorio, Politecnico ed Università di Torino.

Po piemontese — alla vigilia delle riforme istituzionali recate dalla L. 183 del 1989 — un ambizioso progetto di riordino territoriale, centrato sul recupero ambientale dell'alto corso del Reno, veniva presentato in Germania, ed il Ministero dell'Ambiente francese poneva mano ad organici progetti per la Loira. Sono alcuni degli esempi che si potrebbero addurre per dimostrare che il rinnovato interesse per il Po — come oggetto di pianificazione e tema centrale di governo del territorio — non è un caso isolato in Europa. Dopo decenni in cui l'attenzione per i fiumi, da parte della grande opinione pubblica e dello stesso sistema politico, non solo in Italia, pareva attratta quasi esclusivamente dagli allarmi legati ad eventi catastrofici o ad emergenze ambientali, una serie di iniziative, di studi e di progetti sembra indicare che sta maturando, pur tra molte difficoltà e contraddizioni, un orientamento a riconsiderare il ruolo delle fasce fluviali — soprattutto dei grandi fiumi — nella pianificazione e nella gestione del territorio. Il problema della gestione dei grandi fiumi sta assumendo crescente importanza a livello europeo.

Naturalmente, alla base di tale orientamento può essere posta la consapevolezza del rapido aggravamento dei problemi e dei conflitti che si riversano nelle fasce fluviali e che, per loro tramite, si propagano nel territorio. Drammatici eventi alluvionali, collassi ecologici legati all'inquinamento idrico, preoccupanti contrasti tra opzioni alternative d'uso delle risorse scarse, hanno messo a nudo le responsabilità della pianificazione territoriale. La pervicace tendenza della pianificazione, soprattutto nei decenni dei grandi sviluppi espansivi, a sottovalutare i sistemi ambientali (la loro capacità di retroagire sui sistemi d'attività e sui sistemi di sviluppo, secondo la classica triangolazione già proposta dal CHAPIN) ha mostrato la corda, non meno di quanto abbiano fatto le politiche di gestione delle acque basate su scelte settoriali od episodiche, incuranti di ogni considerazione territoriale. In generale, l'aggravamento di molti dei problemi che la pianificazione deve affrontare sta costringendo a «rifare i conti con l'acqua», a «ripartire dalle acque», a riconoscere la centralità del ciclo idrologico per ogni corretta impostazione del governo del territorio. Esso infatti non soltanto è alla base dei processi biotici ed abiotici, ma costituisce, anche e soprattutto, il quadro di riferimento appropriato per analizzare le modificazioni antropiche del suolo e delle risorse naturali. Come la ricerca scientifica ha da tempo messo in luce (DUNNE & LEOPOLD, 1978), la consapevolezza del ruolo del ciclo idrologico nella struttura e nelle dinamiche del territorio è indispensabile per guidare i pianificatori «a considerare le conseguenze ambientali delle loro azioni in una fase precoce del processo di pianificazione».

Più specificamente, sembra imporsi una riconsiderazione del ruolo

«territoriale» dei fiumi e delle fasce fluviali in relazione ai cambiamenti degli scenari economici e territoriali che si sono manifestati in Europa negli ultimi decenni. Essi paiono caratterizzati da alcune tendenze, tra le quali particolare interesse assumono le seguenti.

a) La diffusione «reticolare» dei processi d'urbanizzazione, determinata dall'indebolimento delle «economie di prossimità» (che avevano potentemente guidato i processi localizzativi ed i comportamenti spaziali delle famiglie e delle imprese nelle precedenti fasi storiche) e dalla crescente importanza delle «economie di rete» nelle dinamiche sociali. Secondo un'interpretazione che si sta consolidando, «la società contemporanea opera sempre più per reti» (CNRS, 1990), sia che si tratti di reti infrastrutturali o di reti d'impresa, o di reti urbane. L'organizzazione per reti, che si manifesta a scale diverse, da quella locale, a quella regionale a quella internazionale, imprime nuovi caratteri all'evoluzione della struttura urbana e territoriale, sostituendo progressivamente ai sistemi rigidi di relazioni «gerarchizzate», alla CHRISTALLER, sistemi di interdipendenze più complessi, dinamici e connessi, ricchi di alternative, di ridondanze e di flessibilità. Ne conseguono assetti territoriali potenzialmente molto più articolati, in cui le fortune di ogni centro, e la sua possibilità di arricchire la propria offerta urbana, non dipendono più tanto dalla dimensione demografica del centro stesso e della sua area di gravitazione, quanto dalla sua posizione nelle reti di cui fa parte, in funzione delle sue specificità e delle connessioni di cui può disporre. Allontanandosi dalle teorie del PERROUX (PERROUX, 1977), i processi di polarizzazione, responsabili della intensa concentrazione, nei decenni precedenti, di attività, di abitanti e di capitali nelle aree urbane e metropolitane, paiono sempre più selettivi e spazialmente discontinui, incrociandosi con crescenti spinte alla diffusione, che allargano le aree «d'indifferenza localizzativa» e possono dar luogo a forme di vera e propria «contro-urbanizzazione». La centralizzazione delle attività di comando, di direzione, di ricerca innovativa e di orientamento culturale, in un numero sempre più ristretto di «città mondiali» e di altri centri di successo, può così convivere col declino urbano e metropolitano, col degrado delle periferie e con la crescita di un gran numero di centri minori e di territori rurali, non necessariamente prossimi ai primi (CNR, 1988; DEMATTEIS, 1991a). Nei nuovi scenari territoriali — che già si intravedono in varie aree europee e che anche in Italia sono stati preannunciati dai «modelli diffusi» del Veneto e delle regioni adriatiche — l'importanza relativa dei trasporti materiali e della prossimità alle fonti energetiche ed alle grandi concentrazioni produttive e di servizi è destinata a decrescere,

mentre cresce quella dei *milieux* locali di risorse economiche, sociali e culturali interagenti, e delle reti di relazioni in cui possono inserirsi.

b) La crescente importanza del patrimonio storico, dell'eredità culturale e del paesaggio modellato dall'uomo nei processi urbani e territoriali. Assai più di quanto non avvenga per la città americana, le fortune della città europea dipendono dalle sue matrici storiche e dallo specifico contesto culturale, formatosi lentamente nel corso della storia: il suo futuro dipende sempre più dal suo passato. La risposta degli operatori economici e delle comunità urbane alla crisi dell'ordine economico mondiale ed al declino urbano, soprattutto la loro capacità di reggere la competizione interurbana, dipendono da un insieme complesso di fattori e di «relazioni sinergiche locali» (GODDARD, 1990), nel quale l'eredità culturale gioca un ruolo cruciale. Non soltanto il prestigio e l'immagine della struttura storica concorrono in modo determinante a definire lo «skyline metropolitano» (nell'ampio senso datogli dal GOTTMANN, 1985) della città europea; ma sono le sue possibilità di trasformazione e di riuso (a cominciare dalle tante «aree dismesse», disponibili a nuovi usi a causa dell'obsolescenza tecnologica e della riconversione produttiva) che costituiscono le risorse fondamentali per il miglioramento della qualità urbana. Il ruolo del patrimonio storico e culturale muta peraltro significativamente nei nuovi scenari territoriali aperti dalla diffusione «reticolare» dell'urbanizzazione. In particolare i centri storici tendono infatti a perdere o ad attenuare la loro tradizionale funzione di punti di riferimento per più o meno vaste aree circostanti (come le «regioni complementari» del CHRISTALLER o gli spazi polarizzati del PERROUX) per acquisire piuttosto quella di nodi di condensazione dei flussi canalizzati dalle reti; ed, in quanto tali, di cerniere di connessione tra l'ordine locale e l'ordine globale. Più in generale, a fronte della crescente instabilità ed incertezza dei processi urbani, il patrimonio storico svolge un ruolo insostituibile di ancoraggio spaziale, di deposito dei valori e di stabilizzazione dei flussi. Se è vero che il significato fondamentale della 'territorialità' umana consiste nella creazione di «luoghi che esistono, principalmente e più significativamente, nei riti collettivi e nelle celebrazioni con cui il passato viene continuamente richiamato alla memoria» (FRIEDMANN, 1990), se è vero che tale territorialità è esposta a crescenti minacce dalla «cancellazione dei luoghi» implicita nelle attuali tendenze di diffusione ed omologazione urbana, è evidente che i centri storici ed i tradizionali sistemi insediativi, i paesaggi, i sistemi irrigui ed infrastrutturali lentamente «edificati» dall'uomo nel corso della storia, col loro carico di memorie e di valori collettivi, costituiscono, soprattutto in Europa, una

imprescindibile trama di riferimento per i processi di «territorializzazione».

c) La crescente incidenza dei valori ambientali nelle dinamiche economiche e sociali, in relazione non soltanto al continuo peggioramento delle condizioni ambientali (determinato, in particolare, da forme «insostenibili» di sviluppo, dalla crescita urbana e dall'industrializzazione dell'agricoltura) ma anche all'emergere di bisogni «post-materialisti» e di nuove aspettative sociali. La reazione ad inaccettabili aggravamenti dei danni ambientali è sempre più spesso alla base di movimenti d'opinione che rimettono in discussione i modelli di sviluppo economico-territoriale (come si è potuto osservare in Italia nel caso delle aree «ad alto rischio ambientale» della Val Bormida e del Bacino Lambro-Seveso-Olona). Ma la valorizzazione delle risorse e delle specificità ambientali è anche alla base della ricerca d'identità che guida, in misura crescente, le attese ed i comportamenti della popolazione e delle stesse imprese, a fronte delle attuali tendenze omologanti, della standardizzazione dei consumi e della globalizzazione dei mercati (MAZZA, 1988). I valori ambientali svolgono un ruolo essenziale non soltanto nella differenziazione dello spazio economico e sociale, ma anche, in particolare, nella costruzione e nel funzionamento dei *milieux* locali che propiziano i processi di sviluppo. Sebbene manchino tuttora consolidati paradigmi teorici per una considerazione integrata dei fattori economici, sociali ed ambientali nei processi di sviluppo, l'evidenza empirica dimostra che i valori ambientali — l'esistenza di un solido «ambiente multidimensionale» (SOLDATOS, 1990) — son sempre più importanti nel favorire il successo delle città impegnate nella competizione interurbana. Il marketing urbano e regionale (TEXIER & VALLA, 1992) attribuisce enfasi crescente alla qualità dell'ambiente ed ai vantaggi ch'esso offre agli operatori economici da attrarre. Le teorie dello sviluppo locale (DEMATTEIS, 1991 b) mettono in evidenza il ruolo dei *milieux* nei quali componenti diverse, che includono le risorse naturali e l'eredità culturale, interagiscono, in termini di competizione, complementarità o sinergie. Ricerche empiriche in differenti contesti mostrano che le qualità ambientali stanno diventando un fattore localizzativo di crescente incidenza per quote importanti di popolazione e per molte imprese, soprattutto nei settori più innovativi. Inoltre, l'esperienza europea dimostra che il riconoscimento dei valori ambientali, soprattutto se suffragato dall'analisi scientifica, può assumere grande rilevanza nei processi politici. Esso è infatti sorretto da un crescente consenso dell'opinione pubblica ed ha forti ricadute sui processi di negoziazione, sia perché allarga l'area della negoziazione

introducendo una molteplicità di variabili «qualitative», sia perché implica l'accettazione di una serie più o meno ampia di valori «non contrattabili».

I cambiamenti sopra ricordati, negli scenari territoriali, comportano modificazioni rilevanti nel ruolo «territoriale» dei fiumi e delle fasce fluviali. Da un lato i modelli tradizionali del trasporto fluviale e dei sistemi irrigui, e le logiche localizzative che hanno guidato l'addensamento di impianti produttivi ed energetici ai bordi dei fiumi, possono essere rimessi in discussione: la parabola della Tennessee Valley Authority, da organo propulsivo di governo e di sviluppo del territorio, nel 1933, ad agenzia settoriale, è in certo senso emblematica. Dall'altro, nuovi fattori e nuove funzioni sembrano destinati a riconferire importanza centrale ai sistemi delle acque, ed in particolare ai grandi fiumi, nell'organizzazione e nell'uso del territorio.

Nella prospettiva reticolare, essi si configurano come fondamentali aste di connessione economica, ecologica e culturale. Alla grande come alla piccola scala, essi possono essere pensati come elementi (spesso insostituibili, nei territori frammentati dai processi di specializzazione funzionale e di compartimentazione fisica connessi all'industrializzazione ed all'urbanizzazione) di continuità territoriale, capaci di collegare fra loro risorse e contesti diversi, valorizzandone le complementarità e le possibili sinergie. Questa funzione storica dei fiumi (così potentemente rappresentata dalla fitta sequenza di insediamenti produttivi interrelati lungo il corso del Reno o del Danubio, ma anche dalle secolari contaminazioni linguistiche e culturali lungo il corso del Po o della Loira) sembra destinata ad aprirsi ad un ben più ampio arco di funzioni. In particolare, gli studi più recenti indicano la possibilità che i fiumi leghino fra loro risorse ed opportunità diverse e diversamente caratterizzate per gli usi ricreativi, turistici e del tempo libero: ciò si avverte nelle ipotesi di «parchi reticolari» a scala regionale o subregionale, ma anche in quelle che cominciano a disegnare le «grandi reti» europee.

In quanto spine dorsali dei processi storici d'acculturazione territoriale, i fiumi offrono oggi le linee guida per quei processi di riterritorializzazione che debbono consentire alla società contemporanea di «tornare ad abitare luoghi» riconoscibili ed identificabili, di riappropriarsi dei propri paesaggi e di ritrovare le tracce di un rapporto perduto con le proprie memorie ed i propri valori. Connotati emergenti dei paesaggi umanizzati, essi rappresentano spesso elementi essenziali di riconoscibilità e di leggibilità delle differenti identità territoriali. Essi suggeriscono itinerari, sequenze e connessioni che hanno spesso (come nel caso del Danubio di C. MAGRIS) le loro radici nei processi storici

di strutturazione del territorio, ma che proiettano i loro effetti sulle attuali e future dinamiche di riorganizzazione degli usi e delle attività, al di là degli stessi confini regionali e nazionali.

E soprattutto, a fronte dei processi di degrado che minacciano le radici stesse dell'abitabilità contemporanea, i fiumi costituiscono gli elementi portanti dell'«infrastruttura ecologica di base», su cui riorganizzare gli usi e la trasformazione del territorio, stabilizzando gli ecosistemi in pericolo, bonificando le aree degradate, promuovendo nuovi e più accettabili rapporti tra il sistema insediativo e gli spazi naturali. Data la complessità e la diversità degli ecosistemi fluviali, le fasce fluviali costituiscono strutture essenziali non soltanto per la regolazione delle acque di falda e dei cicli minerali, per la ritenzione e il rilascio delle acque di superficie e dei sedimenti, e per la salvaguardia delle riserve genetiche, ma anche come aree di sosta per i movimenti trasversali della fauna e come corridoi ecologici per i movimenti longitudinali (WWF, 1988). Nella rete ecologica europea (Ecological European Network) lanciata sulla scia del programma CORINE, i fiumi costituiscono infatti le fondamentali strutture di connessione, per evitare la frammentazione e ridurre i rischi dell'«insularizzazione» degli habitat e degli ecosistemi ed assicurare i movimenti di dispersione e migrazione necessari alla vita della biosfera ed alla salvaguardia della diversità biologica (IPEE, 1991).

All'importanza economica delle loro risorse, da sempre contese per usi alternativi, si associa quindi, con crescente rilevanza ed ampiezza di significato, l'importanza ecologica e sociale delle fasce fluviali in quanto strutture complesse ed integrate. Nell'evoluzione attuale degli scenari territoriali, esse sembrano configurarsi come luoghi privilegiati dei conflitti e delle interferenze tra processi economici-sociali e processi naturali, sedi particolarmente significative di «catene ambientali» interattive. È in larga misura da esse che occorre ripartire per ridisegnare nella città e nel territorio i percorsi dello «sviluppo sostenibile». È in questo senso, ampio ed innovativo, che i fiumi possono oggi riprendere il loro antico ruolo di «rotte della civiltà».

2. Il Progetto Po ed il nuovo quadro istituzionale

In questa prospettiva, che le direttive comunitarie e le più recenti esperienze europee cominciano appena a delineare, il caso del Po sembra particolarmente significativo. Le ragioni d'interesse non possono ovviamente prescindere dall'ampiezza del bacino e dalla lunghezza del corso (rispettivamente 75 000 km² e 652 km) che lo situano fra

i maggiori fiumi europei, come il Reno (185 000 km², 1320 km), la Loira (117 000 km², 1017 km), il Guadalquivir (60 000 km², 668 km), il Tamigi (14 000 km², 300 km), la Sava (95 000 km², 940 km). E soprattutto non possono prescindere dal ruolo centrale della Valle Padana nello sviluppo economico, sociale e culturale dell'Italia, e dalla crucialità del contributo ecologico del Po nell'intero sistema adriatico. Ma l'interesse è accresciuto dai notevoli cambiamenti che si stanno producendo da qualche anno nell'assetto istituzionale, negli orientamenti programmatici e — seppure embrionalmente — nelle stesse politiche gestionali riguardanti il bacino padano.

Al centro dei cambiamenti vi è naturalmente l'istituzione dell'Autorità di Bacino del Po, in base alla L. 183/1989 sulla difesa del suolo. Due importanti innovazioni hanno infatti caratterizzato tale istituzione: il riconoscimento dell'esigenza prioritaria di un governo unitario dei processi d'uso e di trasformazione che interessano l'intero bacino — col coordinamento di tutti i soggetti istituzionali coinvolti — e l'individuazione del Piano di bacino come strumento fondamentale di governo. Sebbene il Piano di bacino sia tuttora nella fase iniziale del processo di formazione, e sebbene la stessa legge istitutiva lasci ampi margini interpretativi, non senza ambiguità ed aporie, in ordine ai suoi contenuti ed alla sua efficacia, i cinque anni trascorsi dall'entrata in vigore della legge hanno già consentito di apprezzare la portata dei cambiamenti. Dopo decenni di gestione caratterizzata da scelte d'intervento episodiche, settoriali, prive di coordinamento (se si prescinde dall'attività di controllo, assai discussa, del Magistrato del Po, istituito nel 1966) e spesso non sorrette da analisi scientifiche ed adeguati studi valutativi, il tentativo di basare i programmi d'intervento sulla pianificazione di bacino sta dimostrandosi, insieme, fecondo ed estremamente impegnativo. Come emerge infatti dallo «Schema del progetto di Piano di Bacino del Po» predisposto dall'Autorità di Bacino nel novembre 1993, tale Piano ha valore di piano territoriale di settore (art. 17, c. 1, L. 183/1989) finalizzato all'integrità fisica del territorio interessato — in quanto tale prevalente su ogni altra forma e livello di pianificazione, nel senso che determina le condizioni imprescindibili per l'uso e la trasformazione del suolo, delle acque e delle altre risorse naturali — ma anche, nel contempo, di piano integrato, destinato a considerare unitariamente i diversi aspetti settoriali, coordinandosi all'uopo con gli altri piani e programmi nazionali, regionali e subregionali. Questo secondo carattere, di piano integrato che inevitabilmente attraversa la pluralità dei settori coinvolti, interferendo con le competenze assegnate, per norma o per consuetudine, a diversi soggetti istituzionali, è implicito nella stessa ampia definizione del termine

«suolo», adottata dalla legge nell'art. 1, c. 3 («il territorio, il suolo, il sottosuolo, gli abitati e le opere infrastrutturali»). Definizione che già esprime l'amplessima valenza «territoriale» della pianificazione di bacino e pone il problema del suo rapporto dialettico con gli altri strumenti e livelli di pianificazione (fig. 1).



Figura 1 - La parte del bacino padano sottesa dal tratto piemontese del Po.

È in questo quadro di profondi e problematici cambiamenti istituzionali che si situano i primi tentativi organici di pianificazione riguardanti più specificamente le fasce fluviali. Tra questi il più rilevante è senza dubbio il cosiddetto Progetto Po, predisposto, tra il 1987 ed il 1993, dalla Regione Piemonte per la tutela e la valorizzazione delle risorse ambientali del Po in territorio piemontese. Si tratta di un progetto molto ambizioso, che interessa una fascia di 235 km di lunghezza (pari al 36% dell'intero corso del Po), che sottende un bacino di oltre 27 000 km² (pari al 40% dell'intero bacino). Si tratta del tronco più elevato del fiume, a carattere ancora prevalentemente torrentizio, snodato in paesaggi assai più vari e mossi di quelli che ne accompagnano il resto del corso fino al delta. Rispetto all'anfiteatro di testata del bacino padano, che racchiude con l'arco alpino il Piemonte e la Valle d'Aosta, la fascia del Po con la sua raggiera di affluenti si presenta storicamente, geograficamente e morfologicamente come l'asse centrale, cui si accosta, in posizione quasi baricentrica, il capoluogo metropolitano, vale

a dire il maggiore addensamento urbano e produttivo direttamente affacciato sul corso del Po. Questi rapidi cenni bastano a segnalare la densità dei rapporti e delle connessioni che legano la fascia in esame ad un vastissimo contesto territoriale e ad avvertire come in questo tronco del Po si presentino singolarmente pronunciati ed intrecciati sia i problemi della tutela ambientale e paesistica sia quelli legati allo sviluppo urbanistico, economico e produttivo (fig. 2).

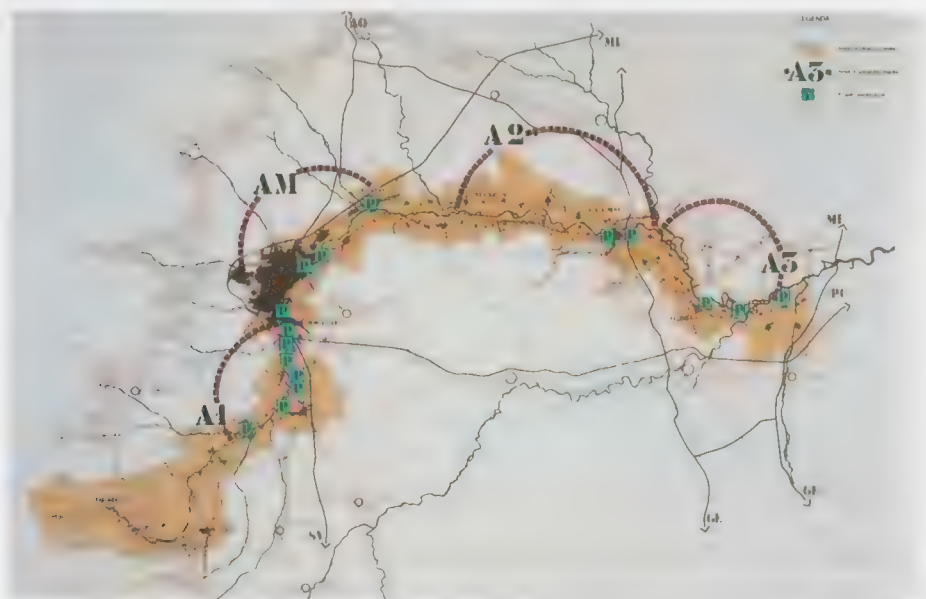


Figura 2 - Inquadramento territoriale: in arancio la «fascia allargata» comprendente tutti i comuni interessati dal Progetto Territoriale Operativo, evidenziati con gli archi gli «ambiti di integrazione operativa» (A1, AM, A2, A3), in blu gli ambiti soggetti a Progetti Operativi Locali.

Non a caso la formazione del Progetto Po aveva preso le mosse dall'individuazione, nel Piano Regionale di Sviluppo del 1985, di un «programma finalizzato» per il Po, che tendeva ad affrontare in modo interrelato tre diverse problematiche:

- quelle della sicurezza e della qualità delle acque, coi connessi problemi di difesa e sistemazione idraulica, di prevenzione e controllo dell'inquinamento;
- quelle di sfruttamento economico delle risorse, coi connessi problemi di uso plurimo delle risorse idriche, di controllo delle attività estrattive e di qualificazione delle attività agricole;

— quelle della tutela paesistica ed ambientale e di promozione degli usi sociali, ricreativi e culturali.

In coerenza con tale programma, veniva nel 1986 deciso l'avvio di un «progetto territoriale operativo» (PTO) teso ad affrontare più specificamente quest'ultima problematica, in connessione con le altre due. Tale obbiettivo acquistava maggior rilevanza in relazione ad altre significative concomitanze. Prima fra queste l'entrata in vigore della cosiddetta legge Galasso, n. 431/1985, che poneva l'obbligo per le regioni di formare appositi piani per assicurare la tutela paesistica-ambientale di un ampio ventaglio di beni ambientali, tra i quali le fasce fluviali occupano un posto di rilievo. Ciò conferiva quasi di necessità al previsto PTO una valenza «anche» paesistica, ai sensi della citata legge. Tale valenza era ulteriormente rafforzata da una seconda rilevante concomitanza: la decisione da parte del Consiglio regionale, nello stesso anno 1985, di inserire l'intera fascia del Po piemontese nell'elenco regionale dei parchi, premessa per la successiva formale istituzione del «sistema di aree protette della fascia del Po» — ossia, più brevemente, del Parco del Po — avvenuta, non senza difficoltà e contrasti, nel 1990 (LR 17/4/1990 n. 28).

Quest'ultima decisione è gravida di conseguenze. Essa, riconoscendo a tutto il tronco piemontese della fascia del Po il carattere di «area protetta», rende esplicita un'opzione che può influenzare notevolmente le politiche di gestione del maggior fiume d'Italia, trovando riscontro nelle parallele iniziative per la formazione del Parco del Delta. Tale opzione pone infatti le premesse per l'affermazione di istanze di valore (ecologiche, paesistiche, socioculturali) e di conseguenti priorità d'intervento, che incontrano il necessario supporto giuridico nella legislazione regionale ed anche, dal 1991, nella legislazione nazionale (legge quadro sulle aree protette, n. 394/1991). In secondo luogo, tale decisione comporta l'istituzione di nuovi soggetti istituzionali — i tre Enti cui viene affidata la gestione di altrettanti tronchi del sistema delle aree protette del Po — destinati a dar voce alle istanze di tutela, in tutti i processi decisionali concernenti la fascia del Po, ivi compresi quelli facenti capo all'Autorità di Bacino. In terzo luogo, l'istituzione del Parco del Po comporta, in armonia con quanto previsto dalla legislazione regionale e nazionale, la formazione di un apposito strumento di gestione, il «Piano d'area» (o, nel linguaggio della L. 394/1991, il Piano del Parco) che assume, nei confronti di ogni altro tipo di piano interessante il territorio del Parco, ruolo prevalente ed anzi «sostitutivo». Essendo il territorio del Parco sostanzialmente ricompreso (salvo marginali sconfinamenti) nel territorio assoggettato al PTO, i due strumenti di piano tendono così a sovrapporsi, per quanto riguarda il campo d'applicazione ed anche, in larga misura, per quanto riguarda i contenuti.

Il processo di formazione del Progetto Po, anche a causa delle complesse vicende istituzionali testè richiamate, si è dimostrato lungo e difficile (fig. 3). Una prima fase di ricerche ed elaborazioni interdisciplinari, che si è conclusa con la predisposizione della «Proposta



Figura 3 - La formazione della Proposta Preliminare del Progetto Po, 1988.

di PTO», approvata dal Consiglio regionale nel 1989, ha coinvolto, oltre agli Uffici regionali di vari settori (pianificazione territoriale, parchi, beni ambientali, ambiente, attività estrattive, ecc.), gli organi strumentali della Regione (IRES, IPLA, CSI, Finpiemonte, ESAP, ecc.), vari Dipartimenti dell'Università e del Politecnico, l'IRPI/CNR, nonché esperti e centri di ricerca esterni (IRES, 1989). Tra il 1990 ed il 1992 gli studi sono stati sviluppati — con numerose battute d'arresto — approfondendo in particolare le problematiche relative al settore idraulico e geomorfologico, a quello agricolo-forestale ed a quello estrattivo. Nel 1993 è stato elaborato il progetto definitivo, articolato nei due strumenti paralleli del PTO e del Piano del Parco, attualmente in fase di adozione (REGIONE PIEMONTE, 1993).

Nell'elaborazione del progetto definitivo ha avuto un peso determinante il rapporto con l'Autorità di Bacino del Po, sia per la verifica e precisazione dei criteri d'impostazione, sia per i necessari raccordi con il Piano di Bacino, in corso di formazione. È infatti emerso con evidenza che il progetto piemontese, se da un lato deve rispettare gli indirizzi e gli obiettivi generali assunti dal Piano di Bacino, dall'altro non può non costituire un importante contributo alla formazione dello stesso Piano. Il rapporto tra Regione ed Autorità è quindi stato ed è di cruciale importanza per la messa in opera di politiche coerenti e sinergiche, in particolare per l'avvio di progetti attuativi, finanziabili nell'ambito degli Schemi previsionali e programmatici di cui all'art. 13 della L. 183/1989, e già in parte predisposti.

3. Nuove strategie di gestione

La genesi e lo sviluppo del Progetto Po riflettono un tentativo, difficile ed ancora lontano dalla sua conclusione, di approccio integrato e di largo respiro ai problemi di governo della fascia fluviale. Esso infatti, pur essendo centrato sugli obiettivi di tutela ambientale e di fruizione sociale delle sue risorse, ne considera attentamente le connessioni con quelli di valorizzazione delle attività agricole, dell'utilizzazione economica delle risorse e, soprattutto, della sicurezza idrogeologica. Il Progetto non è quindi soltanto il progetto di un Parco, ma tende ad una organica sistemazione del territorio interessato. Questo approccio integrato, reso necessario dalla complessità degli ecosistemi fluviali e dalla peculiare densità delle catene interattive che si determinano tra utilizzazioni antropiche e cicli naturali (CML, 1990), ed ampiamente riscontrabile ormai negli orientamenti emergenti a livello internazionale, può apparire scontato sul piano scientifico e culturale.

La grande architettura idraulica del passato (basterebbe pensare, nei nostri territori, alle magistrali sistemazioni dei Gonzaga o dei Savoia), le costanti attenzioni della «landscape architecture» e della «landscape analysis» (da OLMSTED a MCHARG alla moderna «ecologia del paesaggio»), gli apporti delle scienze della terra alla pianificazione territoriale già con maestri come MARSH, POWELL o GEDDES, sono pieni di questa consapevolezza. Ma non ci si può nascondere che, ancora in anni recenti e non solo in Italia, la gestione delle acque ed in particolare dei grandi fiumi è stata caratterizzata largamente da approcci settoriali, che hanno di volta in volta privilegiato obiettivi particolari, come la difesa dalle esondazioni o la navigabilità o gli usi irrigui o lo sfruttamento energetico, a scapito delle altre funzioni; e che solo negli ultimi anni ha preso consistenza in alcuni paesi una riflessione critica volta ad una più comprensiva considerazione delle problematiche coinvolte, con significativi riflessi sulle politiche d'intervento. In particolare, proprio alla luce dell'esperienza del Progetto Po, vanno messe in rilievo alcune implicazioni e difficoltà.

In primo luogo, è evidente che l'analisi e la pianificazione della fascia fluviale non possono evitare di prendere in considerazione problemi, come tipicamente quelli dell'inquinamento o dell'impermeabilizzazione dei suoli nel bacino o degli effetti idrogeologici delle attività estrattive, che escono largamente dai confini della fascia fluviale, per quanto estensivamente essa sia individuata. In notevole misura, tali problemi hanno anzi dimensioni sovraregionali e sono o dovrebbero essere oggetto di studio e d'intervento a livello interregionale, nazionale (come nel caso del Po, con l'Autorità di Bacino) o (come nel caso di non pochi fiumi europei), internazionale. Ciò ha due corollari: il primo, l'esigenza di allargare il campo d'analisi e di proposta al di là dei confini della fascia, in misura variabile al variare dei problemi considerati (a questo proposito può essere utile segnalare che il Progetto Po esprime indicazioni, oltre che per la «fascia d'operatività diretta», anche per la «fascia d'influenza indiretta», comprendente i territori comunali di tutti i comuni rivieraschi); il secondo, il ruolo inevitabilmente interlocutorio che i piani delle fasce fluviali non possono non assumere nei confronti dei piani e dei programmi d'intervento che riguardano il contesto territoriale alle varie scale.

La seconda implicazione di un approccio integrato concerne la necessità e la difficoltà di «mettere insieme» i contributi tecnici e scientifici recati dai diversi specialisti. L'esigenza di una visione «olistica» (che nel caso dei sistemi fluviali si avverte forse più acutamente che in altri casi) cozza infatti contro le difficoltà di comunicazione interdisciplinare, accentuate dalla rigidità dei confini delle disci-

pline e dalla frantumazione dei saperi, dall'eterogeneità dei linguaggi e degli apparati concettuali e dalla carenza di condivisi paradigmi transdisciplinari. L'allargamento del ventaglio disciplinare coinvolto e l'esigenza di adottare procedure scientifiche di confronto ed integrazione dei contributi specialistici, tali da consentire di pervenire a valutazioni complessive, utilizzabili a fini progettuali, hanno messo in crisi lo stesso ruolo «sinottico» tradizionalmente accordato al pianificatore. D'altra parte, è in questo caso particolarmente vero che i tentativi di sintesi e di integrazione delle analisi e delle valutazioni non debbono spegnere la ricchezza e la diversità degli apporti specialistici: se «il tutto è più della somma delle parti», non è meno vero che «le parti sono più del tutto» (MORIN, 1977).

Nel caso del Po, il programma di ricerche ha investito un ventaglio ampio di profili d'analisi e di valutazione:

- geomorfologici ed idrologici,
- naturalistici e vegetazionali,
- insediativi e storico-culturali,
- paesaggistici-percettivi,
- urbanistici e infrastrutturali,
- socioeconomici (in particolare agroforestali ed estrattivi),
- pianificatori (con riguardo ai piani e programmi locali, provinciali e regionali).

L'articolazione delle ricerche per profili come quelli sopra ricordati, che non corrispondono a precise scansioni disciplinari, tende a favorire il confronto e l'integrazione dei contributi sulle principali problematiche da affrontare. Nel caso del Po piemontese, particolare rilievo hanno assunto i problemi della sistemazione idrogeologica, non soltanto per l'ovvia priorità dei problemi di sicurezza idraulica, ma anche perché essi sono alla base di quasi tutti gli altri problemi. Una serie concatenata di processi involutivi — dall'abbassamento degli alvei, che minaccia la stabilità dei ponti, delle sponde e delle infrastrutture, all'aumento delle velocità di corruzione, che accentua gli effetti a valle delle ondate di piena, alla progressiva restrizione e rettificazione degli alvei ordinari, che, canalizzando il fiume, elimina o riduce le aree d'espansione e mutila gli ecosistemi fluviali (la sparizione delle lanche, delle morte e delle altre zone umide, tagliate fuori da improvvise opere di difesa sponale, come le ben note «primate») — delinea ormai una sindrome allarmante, che può brevemente riassumersi col termine di «denaturalizzazione». Sebbene tale sindrome abbia cause molteplici e trovi riscontro in molte altre regioni fluviali, nel caso padano essa ha comportato, come risulta anche dai documenti prodotti dall'Autorità di Bacino, una severa revisione critica dei criteri che hanno nel recente

passato guidato o consentito, sotto il controllo del Magistrato del Po, gli interventi di difesa idrogeologica e le attività estrattive.

Un secondo ordine di problemi concerne i processi d'inquinamento, di degrado e di devastazione ambientale, fra loro spesso intrecciati. L'evidente insufficienza di iniziative anche importanti e positive, come la realizzazione del grande depuratore del Consorzio Po-Sangone, indica l'esigenza di azioni assai più articolate e complesse, estese al territorio circostante e sorrette da una adeguata base informativa, con idonee reti di monitoraggio, oggi del tutto carenti.

I problemi d'inquinamento presentano ramificate interazioni con un terzo ordine di problemi, legati alle varie forme d'utilizzazione delle risorse; per le attività estrattive (che, soprattutto a monte di Torino, presentano una eccezionale concentrazione d'impianti ed hanno ormai determinato una situazione di grave rischio idraulico e di estesa devastazione ambientale), per la produzione energetica (che, oltre agli impianti idroelettrici, comprendono la centrale nucleare di Trino, ormai disattivata, e la vicina assai più poderosa centrale termoelettrica in costruzione), per la produzione agricola (che interessa tuttora la maggior parte dei suoli della fascia e comprende attività ad alto impatto, come la risicoltura della piana vercellese), ed anche per utilizzazioni sportive e ricreative che, in determinate aree e stagioni, possono superare le capacità di carico dell'ambiente ed esercitare effetti dannosi o distruttivi od anche soltanto comprometterne la fruibilità (fig. 4).

Un quarto ordine di problemi concerne appunto la fruibilità e l'accessibilità delle risorse, ostacolate o compromesse da numerosi fattori, pochi dei quali hanno origini naturali (basterebbe pensare alla privatizzazione di fatto di estesi tratti delle sponde fluviali, alle difficoltà di utilizzazione nautica o balneare determinate dall'inquinamento, dall'eccessiva sottrazione d'acqua in periodi di magra per usi irrigui o dalle numerose e spesso invalicabili barriere artificiali). In tale quadro si collocano non soltanto problemi come quello della navigabilità (che, escludendo fantasiose e rischiose ipotesi di «bacinizzazione», si pone in Piemonte essenzialmente in termini di navigabilità turistico-ricreativa non motorizzata) ma anche problemi più complessi, come quello del recupero e della valorizzazione dell'articolato sistema esistente di insediamenti e di servizi snodato lungo il Po ed in larga misura abbandonato da quando, negli ultimi trent'anni, la società ha «voltato le spalle» al fiume.

Una considerazione integrata di problemi come quelli sopra evidenziati suggerisce, nel Progetto Po, una svolta drastica nelle strategie d'utilizzazione delle risorse fluviali e nella stessa filosofia dei rapporti col fiume. Essa parte dal riconoscimento che la fascia fluviale del Po,

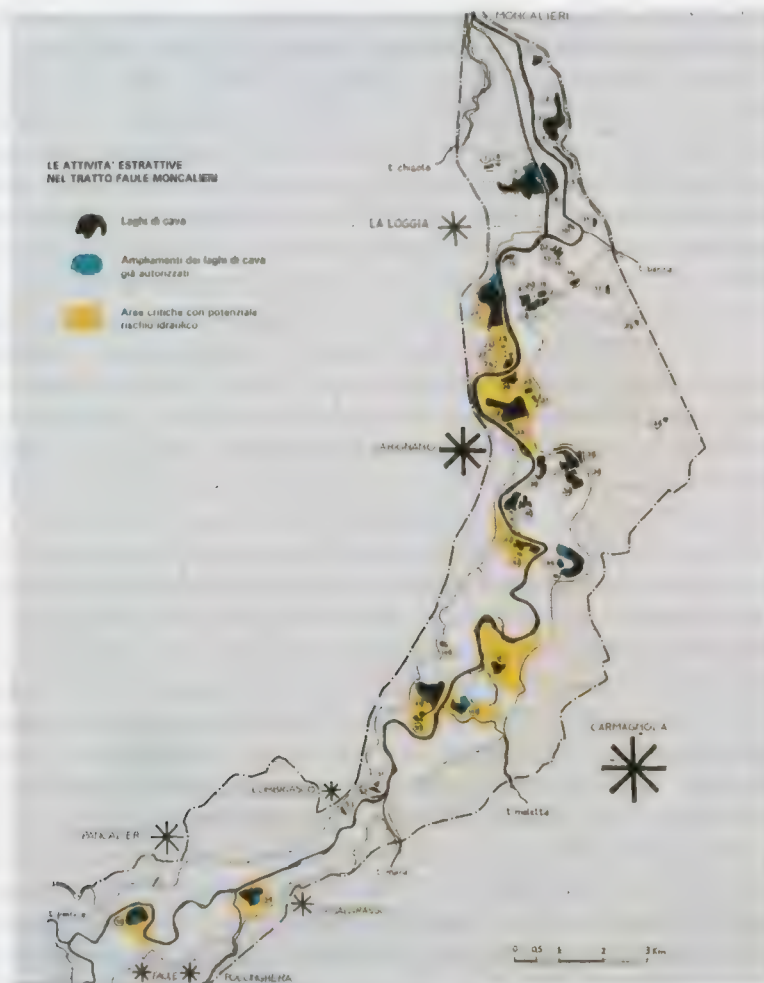


Figura 4 - Le attività estrattive nel tratto della fascia fluviale tra Faule e Moncalieri.

pur presentando ancora grandi risorse naturali e paesistiche, subisce in generale una eccessiva pressione antropica, soprattutto in relazione ai processi di sviluppo urbano e produttivo dei decenni post-bellici, che hanno determinato fenomeni di insostenibile sfruttamento dei suoli e delle risorse idriche ed estrattive, un'inaccettabile accumulazione dei carichi inquinanti, una moltiplicazione dei rischi di sovraccarico ambientale nelle aree più sensibili, con effetti diffusi e spesso irreversibili di degrado, alterazione o distruzione di risorse scarse e irriproducibili.

Pertanto ogni forma di ulteriore utilizzazione economica e produttiva, ed ogni intervento ad essa funzionale (ivi compresi gli interventi di difesa spondale, di regimazione e di disinquinamento), dovrebbero ormai essere rigorosamente subordinati — anche soltanto per una razionale utilizzazione del patrimonio di risorse — alle esigenze di recupero e salvaguardia dell'ambiente e dei cicli naturali. Come il fiume è stato al centro dei processi di degrado, così è ora necessario porlo al centro di programmi vasti e lungimiranti di riordino, di bonifica e di riequilibrio ecologico. Per attuare tali programmi, si tratta di passare dalla filosofia dello sfruttamento delle risorse a quella della pacifica convivenza coi processi naturali di cui il fiume è protagonista. È una svolta radicale nei nostri rapporti col fiume, che ci impone di andar oltre anche ad atteggiamenti ben radicati nelle nostre tradizioni culturali, come quelli che, non troppi anni fa, ancora inducevano il più grande poeta del Po, Riccardo BACCHELLI, ad accettare come ineluttabile quella che, con infinita amarezza, egli chiamava «la fine del Po».

È del tutto evidente che una svolta come quella proposta tocca emblematicamente i rapporti della società contemporanea con la natura. Essa non soltanto ci riporta all'antico ammonimento platonico («per comandare alla natura bisogna prima imparare ad ubbidirle») ma comporta un ripensamento di quella filosofia antropocentrica del «dominio dell'uomo sulla natura» che costituisce uno dei retaggi più importanti ed ingombranti dell'età moderna. Non si tratta soltanto di prendere coscienza dei «limiti», oltre i quali il processo di «domesticazione» delle risorse naturali può produrre collassi catastrofici o perdita irreversibile di risorse irriproducibili, di abbandonare la «falsa idea che viviamo entro una frontiera che si espande all'infinito» (BATESON, 1976), ma di dar spazio a forme più alte di razionalità collettiva, fondate sulla «conservazione di istanze di valore» (OFFE, 1987). È in discussione la stessa interpretazione «utilitarista» della natura, autorevolmente fissata dal pensiero baconiano: un ecosistema fluviale non è soltanto un insieme di risorse utili per l'uomo, ma una presenza viva in un ordine naturale perpetuamente mobile e mai completamente afferrabile e dominabile, di cui l'uomo «fa parte» e con cui la nostra società deve reimparare a convivere.

Al di là delle dichiarazioni di principio delle grandi assise internazionali (come le ultime di Rio e di Caracas), troppo spesso sistematicamente contraddette dalle politiche reali, orientamenti significativi nella direzione indicata sono oggi visibili nell'esperienza internazionale: non soltanto nella pianificazione «ecologica» americana e di alcuni Paesi europei, ma anche, più specificamente, nelle politiche per la gestione delle acque. Un diffuso ripensamento critico sembra essere in atto contro gli eccessi dell'intervento antropico nei sistemi fluviali, in

particolare contro le pratiche della «canalizzazione» dei fiumi, che «tende a causare instabilità dei canali, erosione delle sponde a valle, abbassamento od innalzamento dei letti, impoverimento estetico, danni alla fauna e alla flora» (DUNNE & LEOPOLD, 1978). Matura un orientamento a favore di approcci alternativi, come quelli basati sui parchi fluviali e sulla conservazione di vaste aree golenali e zone umide latitanti, idonee a ridurre, piuttosto che accrescere, gli effetti a valle. Importanti cambiamenti si sono notati, con particolare riguardo per le zone umide, nelle politiche degli anni Ottanta del Ministry of Agriculture, Fisheries and Food in Gran Bretagna (TURNER, 1987), ed alcune esperienze esemplari (soprattutto in termini di «de-canalizzazione» e rinaturalizzazione di ambiti fluviali) si sono profilate ad esempio in Svizzera (Valle di Reuss, nel cantone di Aargau, (1979), in Germania (Wandsee, alta valle del Reno, Monaco) e in Spagna (Madrid).

In coerenza con questi nuovi orientamenti, il Progetto Po propone che le strategie d'uso e di gestione della fascia fluviale siano orientate da alcune opzioni di fondo, ordinate gerarchicamente, in testa alle quali c'è il rispetto del fiume e della sua libertà, come presenza dinamica ed evolutiva da cui tutta l'articolata e differenziata gamma delle condizioni ambientali e degli ecosistemi fluviali inevitabilmente dipende. Ed a questo principio si collegano, in ordine discendente, le altre opzioni che concernono la qualità delle acque ed il miglior uso delle risorse idriche, la salvaguardia delle aree sensibili e della continuità ecologica del «corridoio» fluviale, la salvaguardia della struttura storica della fascia fluviale e del suo patrimonio culturale, il rispetto e la valorizzazione delle risorse e delle attività agricole e forestali, il miglioramento della fruibilità e dell'accessibilità del fiume e delle sponde, la salvaguardia della leggibilità e fruibilità del paesaggio fluviale.

In relazione alle suddette opzioni, importanza centrale assume nel Progetto Po il riconoscimento della «fascia di pertinenza del fiume» (FPF), ossia della fascia in cui trova più diretta applicazione il principio del rispetto del fiume e della sua libertà evolutiva. La definizione della fascia muove dall'assunzione che essa non possa esaurirsi in un neutrale ed acritico recepimento dello stato di fatto (che scontrerebbe in troppo larga misura gli effetti negativi degli interventi pregressi), ma che rappresenti al contrario una fondamentale scelta progettuale, volta a perseguire, con un insieme coordinato di azioni (vincoli, direttive, interventi) gli obiettivi assunti, realizzando, per ciascun tratto di fiume, lo scenario ambientale più opportuno. La FPF può quindi essere pensata come l'insieme delle aree, all'interno della regione fluviale in senso lato, la cui struttura e connotazione sono determinate dai fenomeni morfologici, idrodinamici ed ecologici connessi al regime idrologico del

fiume, con riferimento allo scenario ambientale perseguito (REGIONE PIEMONTE, 1993). Concorrono ad individuarla:

- l'alveo di piena (alveo inciso e golene) corrispondente ad eventi di gravosità medio-alta;
- le aree latitanti interessate dalle divagazioni dell'alveo inciso storicamente accertate ed indicative delle tendenze evolutive del fiume;
- le aree naturali, anche esterne alle precedenti, strettamente connesse all'ambiente fluviale.

Il riconoscimento della FPF, come ambito da restituire il più possibile ai processi naturali, implica una serie di restrizioni alle attività ed agli usi antropici che vi si possono praticare (restrizioni che, in parte, hanno già trovato riscontro nelle recenti direttive dell'Autorità di Bacino). Si tratta di una separazione necessaria per evitare che il «lavoro» del fiume (il «gran lavoratore», come lo definiva il Bacchelli) venga ostacolato o annullato da azioni antropiche incompatibili o nocive. Ma l'antico stratagemma della separazione spaziale, per la riduzione o l'eliminazione dei conflitti in atto o potenziali, non può valere per la fascia fluviale nel suo complesso, cioè per un territorio nel quale, come si è detto, secolarmente azioni antropiche e processi naturali si sono influenzate a vicenda. Qui, più che altrove, vale il principio «separare ove necessario, mescolare ovunque possibile» (CML, 1990). Il Progetto Po tenta di dare senso nuovo e concreto alla mescolanza di fatti, di segni e di valori antropici e naturali che caratterizza il paesaggio fluviale, mettendoli «in rete». Non si tratta soltanto di riconoscere e valorizzare le connessioni ecologiche che legano fra loro le risorse naturali, concorrendo potentemente alla stabilizzazione degli ecosistemi fluviali; o, per altro verso, di riconoscere e valorizzare i sistemi di risorse storico-culturali che tanta parte hanno avuto nella formazione e nella conservazione delle culture locali, e, più in generale, della «cultura padana». Si tratta di riconoscere che in questa cultura — nelle tradizioni locali, non meno che nei modelli di fruizione che il Progetto si sforza di proporre — la stessa distinzione tra risorse naturali e risorse culturali perde di significato. Sia le prime che le seconde costituiscono opportunità complementari di vita e di sviluppo, che devono essere considerate in modo integrato se si vuole produrre un nuovo modo di fruire il fiume e le sue risorse, più vicino alle memorie locali ed alle specificità dei siti. I sistemi di risorse naturali e quelli delle risorse culturali non possono essere pensati come sistemi separati, ma debbono al contrario essere riguardati come componenti della rete complessiva di risorse naturali e culturali, che l'ambito fluviale è in grado di offrire. In questo senso, il Progetto Po è anche il progetto di una rete ambientale integrata (IRES, 1989) (fig. 5).

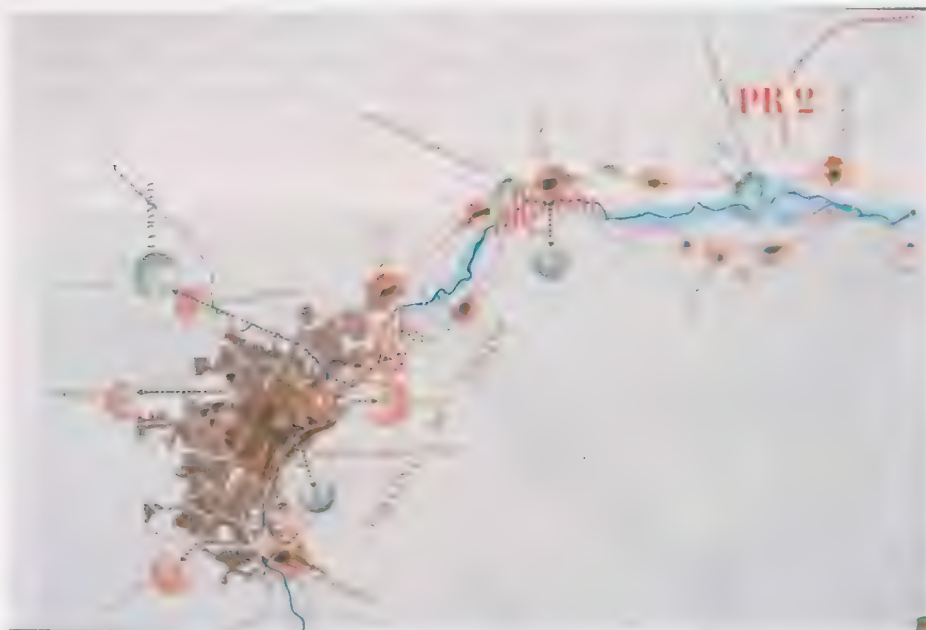


Figura 5 - Stralcio della proposta preliminare del 1988: cerchiati in verde i poli naturalistici, in bruno i poli storico-culturali; è delimitata in azzurro la «fascia di pertinenza fluviale» comprendente, oltre al corpo idrico principale, le aree inondabili, quelle interessate dall'evoluzione delle dinamiche fluviali, e le altre legate al fiume da stretti rapporti ecologici e paesistici.

L'orientamento «conservativo», che sembra implicito nelle brevi note che precedono, non corrisponde per nulla ad una generica difesa dello 'status quo'. Al contrario esso comporta cambiamenti rilevanti nelle strategie di gestione del paesaggio fluviale. Con una certa dose di ipersemplicificazione, si può ritenere che le strategie tradizionalmente praticate nel trattamento dei paesaggi fluviali abbiano oscillato tra 4 modelli principali (TURNER, 1987):

- a) la separazione spaziale (il fiume o canale come entità separata),
- b) l'occultamento o la banalizzazione (il fiume come «retro» del paesaggio umanizzato);
- c) la conservazione (il fiume come risorsa naturale e corridoio ecologico da preservare),
- d) l'innovazione (il fiume come protagonista di un nuovo paesaggio).

Le opzioni sopra richiamate comportano l'accettazione, in qualche misura, della strategia di separazione, come rimedio estremo all'arroganza dell'azione umana contemporanea. Ma comportano una forte

cessi economici e sociali e negli scenari territoriali, con particolare riguardo per le sfide ambientali. Essi concernono in primo luogo i rapporti tra i soggetti, i livelli e gli strumenti della pianificazione territoriale. Nel caso del Po, e più in generale delle grandi fasce fluviali, tali rapporti si presentano infatti particolarmente complessi ed intricati.

Un primo nodo concerne il rapporto tra la gestione «speciale» delle fasce fluviali e la pianificazione «ordinaria» del territorio, attuata dagli Enti territoriali con una molteplicità di strumenti, dai piani territoriali regionali e provinciali, ai piani paesistici, ai piani urbanistici comunali ed intercomunali (generalisti e particolareggiati od esecutivi). Sebbene la strada imboccata dalla Regione Piemonte con l'istituzione del Parco del Po non sia stata ancora seguita dalle altre regioni padane, ed anche nel panorama europeo siano ancora relativamente pochi i parchi fluviali, l'orientamento a riconoscere le fasce fluviali come aree di particolare «sensibilità», meritevoli di qualche forma di speciale protezione, si va ormai consolidando. La difficoltà principale che ha finora presumibilmente ostacolato l'istituzione dei parchi fluviali discende dalla densità e complessità delle utilizzazioni antropiche che generalmente convergono sulle fasce fluviali; circostanza che costituisce nel contempo una potente ragione per farne oggetto di particolari misure di tutela e di gestione. D'altra parte la salvaguardia e la valorizzazione delle fasce fluviali, in quanto corridoi naturali della rete ecologica europea ed in quanto compendi ineguagliabili di risorse per vasti e popolosi territori, comporta certamente l'adozione di misure di protezione speciale.

Nello stesso tempo, proprio la riconsiderazione, con visione integrata e comprensiva, della rilevanza territoriale delle fasce fluviali, sottolinea i loro stretti legami col contesto territoriale dei rispettivi bacini, e l'importanza della pianificazione del contesto ai fini della tutela e della gestione delle fasce stesse. La protezione speciale delle fasce deve dunque essere coordinata con i processi ordinari di pianificazione del territorio. Questo è, in realtà, uno dei problemi cruciali che la pianificazione e la gestione delle aree protette incontrano attualmente in quasi tutti i Paesi europei (GAMBINO, 1991 e 1994, PEANO, 1993), come parte del problema più generale dei rapporti tra parchi e territorio. Un problema che la progressiva estensione del «principio di conservazione» all'intero territorio non sembra in grado di attutire. Infatti l'allargamento dell'azione di tutela (soprattutto mediante la pianificazione paesistica-ambientale per l'intero territorio, come anche varie regioni italiane hanno tentato di fare) riduce certamente i rischi e le pressioni sulle aree protette, «isole» assediata in ambienti crescentemente ostili;

ma non ne cancella gli specifici problemi ed il ruolo peculiare, che anzi, in un quadro di tutela allargata e diversificata, può assumere più precisi contorni.

Alla luce dell'esperienza europea (quale risulta da recenti ricerche sulla pianificazione dei parchi in Europa: GAMBINO, 1994) la questione dei rapporti tra aree protette e contesto territoriale sembra anzi destinata ad accentuarsi, con una molteplicità di aspetti: da quelli istituzionali (essendo la protezione speciale di regola affidata ad Enti appositi di gestione, chiamati ad interferire nelle attività ordinarie degli Enti territoriali), a quelli tecnici (essendo la protezione speciale basata su strumenti appositi di piano, che debbono coordinarsi con quelli ordinari), a quelli economici (essendo la protezione speciale vantaggiosa per ampie collettività ma, di regola, non esente da sacrifici o costi aggiuntivi per determinati gruppi o categorie, che debbono in qualche modo essere compensati). Tali problemi non sembrano sempre risolvibili riassorbendo le istanze di tutela nella pianificazione ordinaria — soluzione che rischia troppo spesso di sacrificare le ragioni dell'ambiente a quelle dello sviluppo urbano o produttivo, soffocando la voce degli Enti di tutela. Né tantomeno sembra perseguibile la strada della separazione netta delle competenze, imboccata (in contrasto con gli orientamenti emergenti in Europa) dal legislatore nazionale con la L. 394/1991, là dove stabilisce il ruolo integralmente «sostitutivo» del Piano del Parco su ogni altro tipo di piano, rimuovendo proprio quei problemi di coordinamento che bisognerebbe avviare a soluzione. La strada della cooperazione e della concertazione tra i diversi soggetti competenti, già sperimentata con successo in altri Paesi europei, sembra quindi l'unica praticabile, per quanto ardua e accidentata.

A questo problema si collega strettamente quello del rapporto tra istanze e programmi locali ed istanze e programmi generali o «globali». Il rapporto locale/globale è da parecchi anni al centro del dibattito e della ricerca sul governo e la pianificazione del territorio. Esso presenta tuttavia, nel caso delle fasce fluviali, caratteri e tensioni particolari, legati alla pregnanza del loro rapporto coi rispettivi bacini ed alla loro stessa continuità strutturale. L'esperienza degli ultimi decenni indica che la valorizzazione delle specificità e delle differenze ambientali, che costituiscono una irrinunciabile ricchezza del patrimonio collettivo ed una sorgente di identità dei sistemi locali, conferisce un ruolo insostituibile alla pianificazione, alle iniziative ed alla creatività locali. Non è un caso che lo stesso Progetto Po sia stato preceduto da alcune iniziative locali (Carignano e vari comuni dell'Alessandrino) volte alla difesa ed alla valorizzazione del proprio rapporto storico col fiume. Comuni, Province e Regioni hanno quindi compiti ineludibili di tutela

e promozione delle fasce fluviali, in funzione dei propri obiettivi di sviluppo e di qualificazione territoriale e nell'ambito dei propri strumenti di governo. Tuttavia, la natura stessa dei problemi che caratterizzano le fasce fluviali fa sì che le azioni locali risultino spesso poco efficaci o addirittura controproducenti se non opportunamente coordinate. La L. 183/1989 individua nel Piano di Bacino il quadro fondamentale di coordinamento, senza tuttavia precisare le forme e le sedi per la necessaria interazione tra i diversi strumenti e livelli di piano e di progetto (che anzi, nel dettato dell'art. 17, c. 4 e c. 5, sembra ridursi al semplice obbligo di adeguamento di ogni forma di piano o di programma al Piano di Bacino). Nella prospettiva «cooperativa» che si viene delineando, tale interazione è particolarmente importante quando — come nel caso del Parco del Po piemontese — l'iniziativa locale o regionale pone in essere forme più o meno articolate di protezione speciale, specificamente riferite alle risorse, alle condizioni ambientali ed agli obiettivi perseguibili nei singoli tratti delle fasce fluviali. La pianificazione locale costituisce in tal caso una «entrata» fondamentale nella pianificazione di bacino, concorrendo a precisarne i valori non negoziabili e le situazioni di particolare criticità, su cui è più urgente intervenire. In questo senso, riuscire a concepire il Piano di Bacino come un «piano tra piani», in rapporto dialogico con gli altri strumenti di piano e di programma che competono alla pluralità dei soggetti istituzionali aventi responsabilità di governo del territorio, è una delle grandi scommesse aperte dalla L. 183/1989.

Un altro nodo decisivo concerne i rapporti tra politiche di vincolo e politiche di spesa. La perdurante divaricazione tra le misure di vincolo, di condizionamento e di disciplina, poste in essere dalla pianificazione a tutti i livelli, e le politiche di spesa, decise ai diversi livelli e dai diversi soggetti istituzionali, costituisce, com'è noto, una delle maggiori eredità negative del nostro Paese, che lo distingue dalla maggior parte dei Paesi europei. Una divaricazione che, in campo urbanistico, non è stata sanata dalla pur positiva istituzione, con la L. 10/1977, dei Programmi Pluriennali d'Attuazione; e che anzi, con più specifico riferimento alle aree protette, il legislatore pare aver ulteriormente sancito, con la netta distinzione introdotta nella L. 394/1991, tra i piani dei parchi (formati dagli Enti di gestione) e i «piani pluriennali economici e sociali» (formati dalle Comunità dei parchi). Tale divaricazione è particolarmente rischiosa nel caso delle fasce fluviali, in relazione alla prevalenza degli usi agroforestali (nei confronti dei quali assai blanda e non di rado controproducente è l'incidenza dei vincoli e delle prescrizioni, mentre assai più efficaci sono le misure di sostegno, d'incentivo e di compensazione) ed, ancor più, all'importanza strategica degli interventi pub-

blici di sistemazione idrogeologica, di disinquinamento e di rinaturalizzazione. È la natura stessa delle poste in gioco che impone, qui più che altrove, di associare strettamente ai piani urbanistici, paesistici e territoriali le necessarie e conseguenti decisioni di spesa. Ciò ha certamente riflessi sui contenuti e sulle modalità dei processi di pianificazione, soprattutto nel senso di ribadire l'esigenza di un ampio e pervasivo ricorso alle procedure ed alle tecniche valutative. Ma ha anche riflessi sull'attuazione delle riforme istituzionali; in particolare, da questo punto di vista, gli schemi previsionali e programmatici ed i programmi d'intervento previsti dalla L. 183/1989 costituiscono un cruciale terreno di verifica dei nuovi indirizzi di governo delle acque e del territorio.

BIBLIOGRAFIA

- BATESON G. (1976), *Verso un'ecologia della mente*, Adelphi, Milano.
- CML (CENTRUM VOOR MILIEUKUNDE, RIJKSUNIVERSITEIT LEIDEN) (1990), *River floodplains and policy: a European approach*, Leiden.
- CNR (CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE) (1988), Progetto Finalizzato *Struttura ed evoluzione dell'economia italiana*, sottoprogetto n. 4, *La diffusione territoriale dello sviluppo* (coordinatore nazionale G. FUA) (cfr. anche DEMATTEIS G., 1991a).
- CNRS (CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE), Groupe de Recherche 903 (1990), *Réseaux*, Noisy Le Grand.
- DEMATTEIS G. (1991a), *Il fenomeno urbano in Italia: interpretazioni, prospettive, politiche*, F. Angeli, Milano.
- DEMATTEIS G. (1991b), *Possibilità e limiti dello sviluppo locale*, Incontri pratesi sullo sviluppo locale, IRIS, Villa Medicea di Artimino.
- DUNNE T. & LEOPOLD L.B. (1978), *Water in Environmental Planning*, W.H. Freeman and Company, New York.
- FRIEDMANN J. (1990), *Human territoriality and the struggle for place*, Giornale Dottorato Ricerca Pianificazione Territoriale, Istituto Universitario Architettura Venezia, n. 1/1990.
- GAMBINO R. (1991), *I parchi naturali: problemi ed esperienze di pianificazione nel contesto ambientale*, Nuova Italia Scientifica, Roma.

- GAMBINO R. (a cura di) (1994), *I parchi naturali europei: dal piano alla gestione*, Nuova Italia Scientifica, Roma.
- GOTTMANN J. (1985), *La città invincibile*, F. Angeli, Milano.
- IPEE (INSTITUT POUR UNE POLITIQUE EUROPEENNE DE L'ENVIRONNEMENT) (1991), *Vers un reseau ecologique europeen; EECONET*, IPEE, Arnhem.
- IRES (ISTITUTO RICERCHE ECONOMICO-SOCIALI DEL PIEMONTE) (1989), *Progetto Po; tutela e valorizzazione del fiume in Piemonte*, Rosenberg e Sellier, Torino.
- MAZZA L. (a cura di) (1988), *Le città del mondo e il futuro delle metropoli*, Electa, Milano.
- MORIN E. (1977), *La methode: I, la nature de la nature*, Ed. du Seuil, Paris.
- OFFE C. (1987), *L'utopia dell'opzione zero*, in: «AA.VV., *Ecologia politica*, Feltrinelli, Milano».
- PEANO A. (a cura di) (1993), *Insegnamento, ricerca e pratica in urbanistica*, Ed. Cortina, Torino.
- PERROUX F. & al. (1977), *Lo spazio e i poli di sviluppo* (a cura di BOUDEVILLE J.R.), F. Angeli, Milano.
- REGIONE PIEMONTE, ASSESSORATO BENI CULTURALI E AMBIENTALI (1993), *Progetto Po, Relazione*, Torino.
- SOLDATOS P. (1990), *L'espansione internazionale delle città europee; elementi di una strategia*, in: «Effetto città» (a cura di CONTI S. & SPRIANO G.), Fondazione Agnelli, Torino.
- TEXIER L. & VALLA J.P. (1992), *Le marketing territorial et ses enjeux*, Revue Française de Gestion, Gennaio/Febbraio.
- TURNER T. (1987), *Landscape planning*, Hutchinson, New York.
- WWF, France (1988), *Qu'est-ce qu'une plaine alluviale?*, Panda, Apport, Paris.

La navigazione sul Po: aspetti e problemi giuridici

Gustavo ROMANELLI^(*)

Abstract. - *The analysis of legal perspective and problems related to the inland navigation on the River Po should be made the perspective of the general subject of shipping and transportation issues. Indeed, it shares a wide range of principles of law with the issue of transportation as such, however in narrow and technical such definition may be. Complex juridical relationships and significant economic interests, both of public and private nature, are involved in the business of inland navigation. All these issues are regulated by an in-depth system of provisions, mainly codified by the Code of Navigation of 1942, by the Regulation on inland navigation (Presidential Decree of June 28, 1949, no. 631) and by several analytical laws and regulations, either statutory or from secondary sources, either national or from the EU.*

As for the aspects of civil law related to the navigation on rivers, the relevant set of national applicable rules, much unlike the EU ones, seems to stress a trend towards uniformity between navigation by rivers and navigation by sea. A clear indication of such phenomenon comes from the regulation of those contracts for the use of ships (lease, charter and carriage) ment to serve solely for inland navigation purposes. As a fact, such contracts are governed by the very same rules deemed applicable to the contracts for the use of maritime ships, unless special usages rules otherwise (pursuant to article 468 of the Code of Navigation).

As for the aspects of public law, the regulation of transportation by inland waters is extremely peculiar. First of all, the River Po falls under those properties belonging to the State (it is so-called «bene pubblico demaniale», pursuant to article 822 of Civil Code), and therefore it is not merchantable and subject to the peculiar provisions of special legislation on public goods (article 823 of the Civil Code). Specifically, in addition to the long-standing use of navigable ways for the transportation by rivers and for commercial relationships (see Royal Decree of July 11, 1913, no. 959, Consolidated Text on Inland Navigation), new public and private interests have been evidenced in connection with the exploitation of the River Po. Such newly defined

^(*) ordinario di Diritto della Navigazione, Istituto di Diritto della Navigazione, Università di Roma - La Sapienza.

interests are mainly aimed at fostering goals of the economic and industrial development, social and collective aims, touristic and recreational activities, batterment of the estate planning, safeguard of the landscape (pursuant to article 9, second paragraph, of the Constitution), protection of public health (pursuant to article 32 of the Constitution) and safeguard of the environment (among others, relevant provisions are contained in law of May 10, 1976, no: 319; law of May 18, 1989, no. 183; law of January 5, 1994, no. 37). The right of property of the State on rivers is aimed at fostering the exploitation of such public goods by the majority of the public, without prejudice to those limits coming from the need to guarantee access to the public good to all the interested. Such goal could be reached through a sharp change of management of the public good, aimed at the promotion of the collective enjoyment of the river, rather than geared at its mere conservation. The most recent legislation and the National Plan for Transportation of 1986 seem to stress such «public scope» of the river and call for implementation of an inland transportation network in the zone of Pianura Padana, possibly by means of the implementation of a pluriennial working schedule.

The EU legislation has deeply influenced the national legislation on transportation activities and commercial dealings. The need for the implementation of a common transportation policy among the several Member States of the EC - which need has been expressly recognized by article 74 of the EU Treaty, and by a specific reference to inland navigation of article 84 seame Treaty-called for a series of regulations and laws to implement the principles of freedom of competition, equal treatment, freedom of establishment and freedom of services. In view of such needs, the urgency to have such provisions implemented by the Member States is enormous. As for the Italian situation, though, it should be pointed out that many EU legal provisions fail to be applied to inland transportation, and therefore such lack of implementation would give rise to significant gaps in the specific legislation, or the very best, it would take into account only minor aspects of the overall subject.

1. Premessa

Inquadramento generale della problematica giuridica e delimitazione dell'ambito dell'indagine specialistica

Il fenomeno del trasporto idroviario ed i relativi problemi necessitano di essere esaminati soprattutto sotto il profilo economico e sotto il profilo tecnico, per valutare la convenienza dell'utilizzazione e di un eventuale sviluppo della rete idroviaria e per verificare l'effettivo apporto che la navigazione interna possa dare al sistema nazionale dei trasporti. L'operatore del diritto, tuttavia, può utilmente assolvere al

compito di identificare gli strumenti giuridici di disciplina della materia e di analizzare la portata precettiva delle disposizioni normative vigenti, svolgendo una funzione di supporto e di stimolo per l'approfondimento della conoscenza della complessa tematica.

L'analisi degli «aspetti» e dei «problemi giuridici» relativi all'esercizio dell'attività di navigazione interna sul Fiume Po necessita, anzitutto, di essere collocata nel più articolato contesto della materia della navigazione e dei trasporti⁽¹⁾. L'unificazione della disciplina normativa del trasporto marittimo, interno ed aereo, effettivamente realizzata dal codice della navigazione, costituisce infatti uno dei tratti originali del nostro ordinamento⁽²⁾ e la configurazione di un uniforme sistema della navigazione accentua la vocazione del «trasporto in senso tecnico»⁽³⁾, vincolato all'«esercizio» del veicolo⁽⁴⁾, a qualificarsi come fenomeno pratico unitario in ordine al quale operano principi giuridici comuni⁽⁵⁾.

Pertanto, nella condivisa prospettiva dell'unificazione della materia di navigazione, secondo l'orientamento che in sostanza viene ad identificarsi con l'insegnamento di Antonio SCIALOJA⁽⁶⁾, e nel segno della configurazione di una unitaria materia dei trasporti da noi proposta⁽⁷⁾, trova compiuta giustificazione, in termini di politica legislativa e di logica opportunità, la scelta di operare una omogenea codificazione degli istituti propri della navigazione fluviale, marittima ed aerea.

Ne costituisce puntuale conferma l'organica regolamentazione che

⁽¹⁾ Per un inquadramento dogmatico della problematica giuridica in oggetto nella materia della navigazione e dei trasporti, sia consentito rinviare a ROMANELLI (1975), p. 1331.

⁽²⁾ In relazione alla tematica generale, si vedano tra gli altri in letteratura, DOMINÈDÒ (1957), p. 77; LEFEBVRE D'OVIDIO, PESCATORE & TULLIO (1990), p. 9.

⁽³⁾ Una puntuale ricostruzione del fenomeno tecnico ed una essenziale definizione della corrispondente nozione giuridica sono proposte da SCIALOJA (1943), p. 51.

⁽⁴⁾ L'esercizio del veicolo, che secondo una parte della dottrina costituisce il cardine della materia della navigazione, è definito come «quell'attività organizzata, inerente all'impiego della nave e dell'aeromobile, in base alla destinazione ad essi propria, rivolta al conseguimento di un bisogno proprio dell'esercente o da questo assunto come proprio, ed accompagnata dall'incidenza del rischio»: PESCATORE (1951), p. 416, ed in: «Scritti in onore di Antonio Scialoja», 1952, Bologna, 203; la nozione viene ripresa, tra gli altri, da SPASIANO (1961), p. 43, nonché, a livello manualistico, soprattutto da GRIGOLI (1982), oltre che da A. LEFEBVRE D'OVIDIO, G. PESCATORE & L. TULLIO (1990), p. 4.

⁽⁵⁾ Per la configurazione di una «materia dei trasporti», fondata sulla nozione di trasporto in senso tecnico, inteso come fenomeno economico unitario nell'ambito del quale operano principi giuridici comuni, ROMANELLI (1975), *Diritto aereo*, cit., 1342-1343.

⁽⁶⁾ Si intende compiere un esplicito riferimento, in particolare, alla prima edizione del volume di SCIALOJA (1922), p. 3.

⁽⁷⁾ Sia consentito rinviare a ROMANELLI (1975), cit., pp. 1331 e 1342. Più di recente — dietro sollecitazione di GAETA, p. 1 — si veda, ancora una volta, ROMANELLI (1993), p. 295.

risulta dal sistema normativo introdotto dal codice della navigazione (nel testo definitivo approvato con r.d. 30 Marzo 1942, n. 327) e dal regolamento per la navigazione interna (adottato con il d.p.r. 28 Giugno 1949, n. 631), mediante la quale si è inteso operare una tendenziale assimilazione, o quanto meno un deciso avvicinamento, del regime normativo della navigazione interna a quello tipico della navigazione marittima⁽⁸⁾.

Tuttavia, la peculiarità e complessità dei rapporti giuridici che accedono all'attività di navigazione fluviale e la rilevanza degli interessi pubblici o privati che attengono all'esercizio della navigazione interna (e promiscua) non hanno mancato di incidere in maniera determinante sulla regolamentazione normativa di settore. Un riscontro immediato delle significative peculiarità che caratterizzano la materia è costituito, in effetti, dalla evoluzione degli strumenti normativi di disciplina della navigazione fluviale, che si articolano in una analitica serie di disposizioni legislative e regolamentari, codicistiche e complementari, di diritto interno e di derivazione comunitaria, che afferiscono in particolare agli aspetti pubblicistici⁽⁹⁾.

A sollecitare la progressiva accelerazione degli interventi legislativi di regolamentazione della materia è intervenuta, tra gli altri fattori, la necessità di recare compiuta disciplina delle differenti possibili utilizzazioni che le acque pubbliche dei fiumi navigabili consentono di realizzare⁽¹⁰⁾.

In specie, accanto al tradizionale uso delle vie navigabili per l'esercizio dell'attività di trasporto fluviale e per lo svolgimento dei traffici commerciali, sono venuti ad affermarsi gli interessi pubblici e privati allo sfruttamento delle risorse dei fiumi per finalità di sviluppo economico ed industriale, per esigenze di carattere sociale e collettivo, per lo svolgimento di attività turistico-ricreative, per il miglioramento dell'assetto del territorio, per la salvaguardia del paesaggio (art. 9,

⁽⁸⁾ In questo senso si era espresso già CRISAFULLI BUSCEMI (1939), p. 943; nella dottrina successiva, in particolare, LEFEBVRE D'OVIDIO (1960), p. 942.

⁽⁹⁾ Per una più approfondita disamina della questione generale si veda, per tutti, QUERCI (1965), p. 119.

⁽¹⁰⁾ Con particolare riferimento alle diverse *utilitates* che possono essere tratte dall'impiego delle acque pubbliche dei fiumi navigabili ed alle conseguenze di ordine giuridico che ne derivano, in specie, NUOVO (1977), pp. 716 e 721. Per una rassegna delle utilizzazioni tradizionali delle quali i beni demaniali marittimi sono suscettibili, GAETA (1965), p. 136; si vedano anche, più in generale, MALLÉN (1961), p. 8, nonché, più di recente, soprattutto, GRECO (1973), p. 113; VALLARIO (1977), p. 28; GRECO & MURRONI (1980), p. 21.

comma secondo, Cost.), per la tutela della salute (art. 32 Cost.) e per la protezione dell'ambiente⁽¹¹⁾.

In questa prospettiva, il tema di indagine sul quale sono chiamato a riferire si presenta certamente molto più ampio rispetto a quanto potrebbe indurre a ritenere il titolo della relazione che mi è stata affidata. Infatti, la dilatata evoluzione del quadro normativo di riferimento impone di compiere una puntuale ricognizione dell'ambito di operatività delle disposizioni legislative e di procedere ad una valutazione accurata del grado di efficacia e di adeguatezza concretamente conseguito dal sistema di regolamentazione.

Di conseguenza, ritenuta l'ampiezza della tematica in oggetto e considerata l'esigenza di offrirne una descrizione tanto esaustiva quanto necessariamente sintetica, mi sia consentito procedere per «problemi», concentrando l'analisi su alcuni «aspetti» che mi paiono di maggiore interesse.

In particolare, dopo aver delineato i tratti essenziali dell'assetto normativo della materia, vorrei soffermarmi essenzialmente sui profili di seguito indicati:

- anzitutto, sugli *istituti pubblicistici*, con specifico riferimento alla natura giuridica di bene demaniale del Fiume Po, alla amministrazione centrale e periferica della navigazione interna, nonché alle prospettive di sviluppo del sistema idroviario secondo quanto previsto dal Piano Generale dei Trasporti;
- in secondo luogo, sull'incidenza della *legislazione comunitaria* in ordine alla regolamentazione dell'attività di trasporto nelle acque interne, soprattutto per quanto riguarda lo svolgimento dei traffici commerciali di cabotaggio, i problemi di accesso al mercato e l'ammissione di vettori non residenti ai trasporti nazionali di merci e di persone per vie navigabili;
- in terzo luogo, sugli *istituti privatistici* relativi all'esercizio della navigazione fluviale, con particolare riferimento alla disciplina dei contratti di utilizzazione della nave;

⁽¹¹⁾ Per una accentuazione dei profili funzionali della demanialità marittima e dei beni appartenenti al demanio fluviale: BENVENUTI (1961), p. 479; ID. (1965), pp. 155 e 161; ACQUARONE (1970), p. 237; CORBINO (1979), pp. 18 e 101; LONGOBARDI (1979), p. 255; ROMANELLI (1979), p. 3; GRECO & GHELARDUCCI (1982), p. 21; ACQUARONE (1983), p. 87; D'AMICO CERVETTI (1983), p. 185; QUERCI (1983) p. 85; si veda anche la *Relazione finale della Commissione di studio, istituita dal Consiglio superiore della marina mercantile*, pubblicata sotto il titolo *Nuove vocazioni nei beni demaniali marittimi*, ibidem, 67; ROMANELLI & COMENALE PINTO (1984), p. 601; ZUNARELLI (1984), p. 567; CASANOVA (1986), pp. 57 e 119; CORBINO (1990), p. 29; TRANQUILLI LEALI (1991), p. 11.

— da ultimo, su alcuni aspetti di particolare rilievo in materia di protezione delle acque dall'inquinamento idrico e sulla recente evoluzione degli strumenti per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi.

2. Fonti

L'ordinamento della navigazione interna tra assetto normativo codicistico, incidenza della legislazione speciale e regolamentazione comunitaria di settore

Come si è avuto modo di accennare, il sistema degli strumenti normativi che intervengono a comporre l'ordinamento della navigazione interna si presenta articolato in una serie di provvedimenti legislativi e regolamentari che si affiancano alla disciplina codicistica e concorrono con essa a determinare l'effettivo ambito di rilevanza della regolamentazione di settore.

In schematica sintesi, in epoca anteriore alla emanazione del codice della navigazione ed alla approvazione del regolamento per la navigazione interna, la materia era regolata dalle norme del codice per la marina mercantile del 1877, coordinate con le disposizioni del relativo regolamento di esecuzione del 1879, in ordine al regime amministrativo della navigazione interna⁽¹²⁾; inoltre, dalle disposizioni del codice di commercio del 1882, per quanto atteneva agli aspetti relativi all'esercizio dei traffici commerciali ed all'attività di navigazione⁽¹³⁾.

⁽¹²⁾ In realtà, in tema di amministrazione della navigazione interna l'entrata in vigore del r.d. 11 Luglio 1913, n. 959, «testo unico delle disposizioni di legge sulla navigazione interna e sulla fluitazione», determinò ben presto il superamento del regime amministrativo introdotto con le disposizioni del codice per la marina mercantile, approvato con r.d. 24 Ottobre 1877, n. 4146, del quale si ritennero ancora applicabili alla materia in oggetto soltanto alcune disposizioni: in specie, l'art. 61, con riferimento al comando di «navi di bandiera nazionale per il traffico nei canali e fiumi»; l'art. 163, in materia di polizia amministrativa e di sicurezza dei porti nelle città e stazioni in cui il mare comunica con canali o fiumi navigabili; l'art. 188, con riferimento alla licenza per l'esercizio di battelli ed altri galleggianti per il servizio nei porti che si trovino «in diretta comunicazione con lagune, canali o fiumi navigabili»; si vedano anche gli artt. 254 e 905 del regolamento per l'esecuzione del testo unico del codice per la materia mercantile, r.d. 20 Novembre 1879, n. 5166, in materia di navigazione promiscua.

⁽¹³⁾ L'applicabilità alla navigazione interna delle disposizioni del codice di commercio, r.d. 31 Ottobre 1882, n. 1062, è confermata, oltre che dai lavori preparatori, soprattutto da alcuni espressi ed univoci rilievi testuali: a norma dell'art. 3, n. 18, «la legge reputa atti di commercio [...] i noleggi,

A tale proposito, tra gli altri profili di regolamentazione della materia, pare interessante mettere in rilievo soprattutto il fatto che, tra le possibili soluzioni legislative per la disciplina dell'attività di navigazione interna (adozione di norme specifiche per la navigazione fluviale; estensione di norme proprie della navigazione marittima; applicazione delle norme relative ai trasporti terrestri), in sede di codificazione sia stato sostanzialmente accolto il criterio della estensione al trasporto fluviale del regime codicistico tipico della navigazione marittima⁽¹⁴⁾.

Non altrimenti, la valutazione stessa della genesi dell'attuale organizzazione legislativa della materia della navigazione e dei trasporti consente di mettere in rilievo la progressiva tendenza, che ha trovato espressione compiuta in sede di codificazione⁽¹⁵⁾, ad allineare la disciplina della navigazione interna a quella della navigazione marittima, in particolare per quanto attiene agli istituti privatistici⁽¹⁶⁾.

i prestiti a cambio marittimo e gli altri contratti riguardanti il commercio di mare e la navigazione» sia marittima che interna (lo stesso Libro II è intitolato «Del commercio marittimo e della navigazione»); l'art. 490 si riferisce «ai contratti di costruzione, di alienazione e di pegno delle navi minori non destinate ad uscire dai porti, dalle rade, dai fiumi, dai canali o dai laghi»; l'art. 498, comma terzo, attiene alla responsabilità del capitano «per la navigazione dei fiumi e dei laghi»; secondo il disposto dell'art. 501, «la tenuta del giornale nautico non è obbligatoria per la navigazione dei laghi o dei fiumi»; a norma dell'art. 504, comma primo, «il capitano è tenuto a comandare personalmente la nave all'ingresso e all'uscita dei porti, dei seni, dei canali o dei fiumi»; gli artt. 522, comma quinto, e 547, comma terzo, fanno riferimento alle navi ed ai viaggi indicati dall'art. 501 nel disciplinare, rispettivamente, il contratto di arruolamento e la forma del contratto di noleggio; l'art. 642, infine, esclude dalle avarie le spese necessarie per entrare nei (o per uscire dai) seni, fiumi o canali; si veda, da ultimo, il disposto degli artt. 69, 70 e 75 del relativo regolamento.

⁽¹⁴⁾ In ordine al particolare profilo considerato si vedano, tra gli altri e per tutti, DOMINÈDÒ (1957), p. 77; GAETA (1965), p. 175; LEFEBVRE D'OVIDIO, PESCATORE & TULLIO (1990), p. 9.

⁽¹⁵⁾ È necessario rilevare come una diversa soluzione sia stata adottata a livello comunitario: secondo il disposto dell'art. 74 TUE, infatti, gli Stati membri perseguono gli obiettivi del Trattato nel quadro di una politica comune dei trasporti; a norma dell'art. 84 TUE, tuttavia, le disposizioni degli artt. 74 e seguenti trovano applicazione, in specie, ai trasporti ferroviari, stradali e per vie navigabili, mentre per la navigazione marittima ed aerea il Consiglio, con deliberazione a maggioranza qualificata, potrà decidere se, in quale misura e con quale precedenza potranno essere adottate disposizioni opportune.

⁽¹⁶⁾ Secondo la Relazione al codice della navigazione, posto che «il nuovo codice ha realizzato [...] la disciplina unitaria ed integrale della navigazione marittima, interna ed aerea» (n. 11), «nell'integrale sistemazione data dal codice al fenomeno della navigazione non poteva non essere compresa anche la disciplina relativa alla navigazione interna. [...] Per la disciplina della navigazione interna il codice ha dovuto fare opera di originale creazione, non esistendo nella legislazione anteriore — ad eccezione di alcune norme di leggi o regolamenti e del libro secondo del codice di commercio, per comune consenso ritenuto applicabile — disposizioni particolari per detta navigazione. Tale opera il codice ha compiuto, a seconda delle varie esigenze, o accomunando la disciplina della navigazione marittima a quella della navigazione interna o predisponendo una serie di norme che, introdotte nella disciplina dei vari istituti marittimi, provvedono ad adeguarne le

In effetti, l'articolazione del sistema normativo di settore tra codice della navigazione del 1942 — pur nella compenetrazione di aspetti privatistici e di elementi pubblicistici che tipicamente ne caratterizza l'ordinamento normativo⁽¹⁷⁾ — e legislazione speciale complementare, consente di rilevare una precisa opzione di politica legislativa nel mantenere formalmente distinta la regolamentazione dei rapporti di diritto privato rispetto alla disciplina dei rapporti di diritto pubblico⁽¹⁸⁾.

In ordine ai profili privatistici della materia, in particolare, l'esercizio dell'attività di navigazione fluviale viene compiutamente disciplinato a livello codicistico, mediante la previsione espressa di specifiche disposizioni legislative che operano un puntuale richiamo recettizio alle norme dettate in materia di navigazione marittima, adattandone tuttavia il contenuto precettivo alle particolari esigenze del settore nel caso in cui dovesse risultare necessario. Ne costituisce un esempio di immediata evidenza, tra gli altri, il disposto dell'art. 468 cod. nav., a norma del quale ai contratti di utilizzazione delle navi addette alla navigazione interna si applicano le disposizioni che disciplinano i contratti di utilizzazione delle navi marittime «in quanto gli usi speciali non dispongano diversamente». Non altrimenti, le disposizioni relative all'impresa di navigazione (art. 265, e seguenti, cod. nav.) trovano applicazione anche in tema di navigazione interna, come risulta testualmente dal disposto dell'art. 266 cod. nav., che disciplina la dichiarazione di armatore per l'esercizio delle navi addette alla navigazione interna in maniera parzialmente differente rispetto al corrispondente regime previsto per l'armatore di navi marittime, e dal tenore letterale dell'art. 267, stesso codice, in ordine alla designazione del rappresentante presso il quale l'armatore si intende domiciliato.

Per quanto attiene ai profili pubblicistici della navigazione fluviale, invece, nel delineare il regime amministrativo dei trasporti per vie

previsioni alle particolari esigenze della navigazione interna, affidandone, su alcuni punti, al regolamento il più completo e specifico sviluppo. La normativa fissata nella parte prima del codice, quando non è specificamente ristretta all'uno o all'altro campo soltanto (o per determinati istituti o per singole disposizioni), s'intende pertanto estesa così alla navigazione per mare come alla navigazione per laghi, fiumi ed altre acque interne, cioè alla navigazione per acqua in genere» (n. 12); se ne legga il testo integrale in FERRARINI & IANNUZZI (1953), pp. 11 e 12.

⁽¹⁷⁾ Per un'informazione generale e per opportune ulteriori indicazioni bibliografiche si vedano, a livello manualistico, in specie, LEBEVRE D'OVIDIO, PESCATORE & TULLIO (1990), p. 11; QUERCI (1989), p. 11; altresì, in particolare, QUERCI (1972), p. 117; ID. (1975), p. 3; GAETA (1982), p. 35; PESCATORE (1982), pp. 136 e 144; CARBONE (1983), p. 54; SILINGARDI (1984), p. 113.

⁽¹⁸⁾ Mette in particolare rilievo la specifica caratteristica che la regolamentazione giuridica della materia è venuta ad assumere nell'ordinamento interno, QUERCI (1965), p. 119.

navigabili interne è stata introdotta una regolamentazione peculiare, che soltanto in parte viene a coincidere con la corrispondente disciplina relativa alla navigazione marittima⁽¹⁹⁾.

In questo senso, tra gli strumenti normativi meno recenti, presenta un interesse specifico quanto disposto dal r.d. 11 Luglio 1913, n. 959, «testo unico delle disposizioni di legge sulla navigazione interna e sulla fluitazione», che costituisce ancora uno dei punti di riferimento essenziali per la ricostruzione dei principi generali che informano il regime pubblicistico della materia.

A margine delle norme «originarie» (introdotte dal testo unico sulla navigazione interna e dalle altre fonti legislative e regolamentari, in epoca anteriore alla codificazione) ed accanto alle disposizioni «codicistiche» (codice della navigazione e relativo regolamento di attuazione), in posizione di «accessorietà» od in funzione di «complementarietà» rispetto alla regolamentazione di settore⁽²⁰⁾, ha trovato puntuale collocazione una numerosa serie di interventi legislativi di dettaglio che, pur attenendo ad altri specifici ambiti dell'ordinamento giuridico, risultano comunque afferenti alla materia della navigazione e del trasporto per vie interne navigabili. Tra questi assumono un significativo rilievo, ai fini ora considerati, diversi interventi di regolamentazione, che attengono direttamente all'organizzazione amministrativa della navigazione (e non soltanto della navigazione) sul

⁽¹⁹⁾ Per un primo approccio, necessariamente di carattere generale, alla complessa problematica, si rinvia a NUOVO (1977), p. 737.

⁽²⁰⁾ Prima dell'emanazione del codice della navigazione del 1942 numerose disposizioni normative di diritto interno e di diritto uniforme erano state introdotte nell'ordinamento italiano. Oltre al testo unico del 1913, si segnalano, in particolare, il r.d. 17 Novembre 1913, n. 1514, recante approvazione del regolamento per l'esecuzione delle opere concernenti la navigazione interna; il r.d. 1 Dicembre 1895, n. 726, di approvazione del regolamento per la vigilanza e per le concessioni delle spiagge dei laghi pubblici e delle relative pertinenze; il d.lgt. 31 Maggio 1917, n. 1536, che identifica linee navigabili di seconda classe a decorrere dal giorno 1 Luglio 1917, in aggiunta e modifica all'elenco approvato con r.d. 8 Giugno 1911, n. 823; il r.d. 4 Ottobre 1921, n. 2479, che classifica in seconda classe nuove linee navigabili; la legge 24 Agosto 1941, n. 1044, recante provvedimenti per la costruzione del canale navigabile Milano-Cremona-Po; la legge 2 Gennaio 1910, n. 9, recante norme per la navigazione interna. Tra le convenzioni internazionali occorre menzionare, in specie, la Convenzione ed il Regolamento per la navigazione sul Lago Maggiore e sul Lago di Lugano, conclusi fra l'Italia e la Svizzera e sottoscritti il 22 Ottobre 1923 (autorizzazione alla ratifica ed esecuzione in Italia con r.d.l. 26 Settembre 1925, n. 2074, convertito in legge 18 Marzo 1926, n. 562); la Convenzione per la stazzatura dei battelli della navigazione interna, firmata a Parigi il 27 Novembre 1925 (autorizzazione alla ratifica ed esecuzione in Italia con r.d. 31 Agosto 1928, n. 3518); gli Accordi in materia di navigazione interna stipulata a Ginevra il 9 Dicembre 1930 (esecuzione in Italia con legge 10 Aprile 1933, n. 522); in letteratura, SANDIFORD (1962), p. 339.

Fiume Po: tra gli altri, per richiamarne alcuni, interessano soprattutto i provvedimenti normativi adottati in tema di costruzione, finanziamento e gestione di linee navigabili⁽²¹⁾, di programmazione economica, urbanistica e portuale in relazione alle idrovie⁽²²⁾, di assetto pubblicistico degli enti idroviani⁽²³⁾; infine, ma non ultimo, è necessario fare riferimento, altresì, alle funzioni amministrative e giurisdizionali attribuite dalla legge speciale al Magistrato del Po⁽²⁴⁾.

In questa prospettiva, la più recente evoluzione della disciplina normativa di diritto interno lascia intravedere una più accentuata vocazione pubblicistica dell'assetto della navigazione fluviale e pare imporre, in ogni caso, la definizione di un nuovo disegno di programmazione per una compiuta razionalizzazione della materia, nella prospettiva dell'attuazione di un ordinato sistema idroviano padano e della predisposizione di un piano poliennale per l'adozione degli opportuni interventi, secondo le indicazioni del Piano Generale dei Trasporti⁽²⁵⁾.

Da ultimo, la necessità di attuare una politica comune dei trasporti nei diversi Stati membri della Comunità europea, espressamente riconosciuta a norma dell'art. 74 TUE e specificamente riferita ai trasporti

⁽²¹⁾ Per alcuni riferimenti normativi, oltre alle norme del testo unico del 1913, si veda, tra le altre e soprattutto, la legge 24 Agosto 1941, n. 1044, recante provvedimenti per la costruzione del canale navigabile Milano-Cremona-Po, integrata e modificata dalla legge 10 Ottobre 1961, n. 1549, e dalla legge 28 Marzo 1968, n. 295; si veda anche la legge 22 Novembre 1962, n. 1708, recante provvedimenti per agevolare la libera navigazione sul Fiume Po mediante divieto di costruzione di ponti stabili in sostituzione degli attuali ponti di chiatte. In dottrina, tra gli altri, per un inquadramento generale della relativa problematica giuridica, VIGNOCCHI (1968), p. 3; GASPARI (1968), p. 103.

⁽²²⁾ In ordine al particolare profilo del quale si tratta, in letteratura, per tutti, BASSI (1968), p. 205; SACCHI MORSIANI (1968), p. 239.

⁽²³⁾ Con specifico riferimento all'amministrazione della navigazione interna, in relazione al regime normativo dei canali navigabili, si richiamano gli studi di BENVENUTI (1968), p. 359; MERUSI (1968), p. 371; CASSESE (1962), p. 393; FIORENTINO (1968), p. 429.

⁽²⁴⁾ In materia, per tutti, si rinvia all'inquadramento proposto da SANDULLI (1989), pp. 432 e 947.

⁽²⁵⁾ Secondo il Piano Generale dei Trasporti — approvato con d.P.C.M. 10 Aprile 1986, ai sensi della legge 15 Giugno 1984, n. 245, e pubblicato nella *Gazz. Uff., Suppl. ord.*, 111, del 15 Maggio 1986 — tra le misure da adottare per il trasporto idroviano, assumono un rilievo prioritario tra gli altri, i seguenti obiettivi: «impegno per l'attuazione di un sistema idroviano padano e per le conseguenti iniziative attraverso un piano poliennale; favorire il mantenimento delle idrovie minori esistenti, interessate principalmente al traffico turistico in zone di attrattiva naturalistica, storico-ambientale, culturale e paesaggistica; modificare l'art. 110 del codice della navigazione (relativo all'attività delle compagnie e gruppi portuali), adeguandolo alle necessità della manipolazione delle merci in transito nei porti marittimi e dirette al sistema idroviano; adottare norme che riconoscano gli effetti idraulici su altri usi generati da sistemazioni effettuate per la navigazione idroviana» (*Gazz. Uff.*, 45, 113).

per vie navigabili ai sensi dell'art. 84 TUE⁽²⁶⁾, ha determinato l'adozione di un'articolata serie di interventi normativi comunitari. In specie, l'emanazione di specifici regolamenti in materia di navigazione fluviale e la formulazione di numerose direttive in tema di trasporto per vie navigabili sono venute ad incidere sull'ordinamento interno di settore: i regolamenti, sacrificando talora evidenti esigenze di razionale organicità che avrebbero potuto essere meglio perseguite con una disciplina «originaria» della materia; le direttive, determinando comunque l'urgente necessità di adeguare tempestivamente, in adempimento degli obblighi comunitari, l'assetto normativo interno ai provvedimenti legislativi «derivati»⁽²⁷⁾.

3. Profili pubblicistici

Il Fiume Po come bene pubblico demaniale: l'esercizio dell'attività di navigazione fluviale e le nuove utilizzazioni dei corsi d'acqua navigabili; l'amministrazione della navigazione interna

Per quanto attiene ai profili pubblicistici, in particolare, occorre anzitutto rilevare che, a norma dell'art. 822, comma primo, cod. civ. appartengono allo Stato e fanno parte del demanio pubblico, tra gli altri beni, i fiumi, i torrenti, i laghi e le altre acque definite pubbliche dalle leggi in materia. Ne consegue che il Fiume Po presenta natura giuridica di bene pubblico demaniale ed è soggetto, secondo il disposto precettivo dell'art. 823 cod. civ., al corrispondente regime normativo di «incommerciabilità» — espressione che sintetizza il carattere di «inalienabilità» e di «non usucapibilità» (o «imprescrittibilità») — ed ai relativi poteri di «autotutela» amministrativa stabiliti dalla legislazione speciale⁽²⁸⁾.

⁽²⁶⁾ Come accennato, a norma del disposto dell'art. 74 TUE, in particolare, gli Stati membri perseguono gli obiettivi del Trattato nel quadro di una politica comune dei trasporti: a norma dell'art. 84 TUE, le disposizioni relative trovano applicazione, in specie, ai trasporti per vie navigabili (oltre che ai trasporti ferroviari e stradali; il Consiglio, con deliberazione a maggioranza qualificata, potrà decidere se, in quale misura e con quale precedenza potranno essere adottate disposizioni opportune per la navigazione marittima ed aerea).

⁽²⁷⁾ Secondo gli obiettivi del Piano Generale dei Trasporti, in *Gazz. Uff.*, 45, p. 113, occorre «emanare tempestivamente i provvedimenti di adeguamento delle normative sulla navigazione interna alle direttive CEE».

⁽²⁸⁾ Per un'esegesi puntuale del disposto normativo degli artt. 822 e 823 cod. civ. e per un'analisi del regime giuridico al quale sono assoggettati i beni appartenenti al demanio pubblico, si vedano, tra gli altri, BIONDI (1956), pp. 190 e 248; PUGLIATTI (1959), p. 186, anche in *Id.* (1962), p. 57.

L'indicata qualità di bene pubblico appartenente al demanio fluviale trova esplicito riconoscimento, con accentuazione del profilo della «destinazione» rispetto al profilo della «appartenenza», nella formulazione letterale dell'art. 1, r.d. 11 Luglio 1913, n. 959 (testo unico sulla navigazione interna), a norma del quale «la navigazione è l'oggetto principale a cui servono i laghi, i canali ed i fiumi navigabili», tanto che a tale finalità prioritaria «sono subordinati tutti gli altri vantaggi che possono ottenersi dalle loro acque, e gli usi a cui possono queste applicarsi»⁽²⁹⁾.

In questa prospettiva, pare assumere pienezza di significato la formale affermazione del principio secondo il quale «la navigazione sui fiumi, laghi e canali naturali è libera»; si tratta del c.d. «principio di libertà della navigazione interna», introdotto dall'art. 17 del medesimo testo unico, che venne proposto quale canone essenziale per il conseguimento dell'interesse pubblico al soddisfacimento delle aspettative della collettività in ordine alla migliore utilizzazione del bene demaniale⁽³⁰⁾. Pertanto, il vincolo di forzata correlazione che intercorre tra natura demaniale, interesse pubblico ed uso collettivo del fiume — che, peraltro, costituisce una connotazione generale dell'istituto della demanialità — risulta particolarmente accentuato in materia di navigazione interna⁽³¹⁾, ma non si esaurisce, a ben vedere, nella sola utilizzazione del bene quale mezzo per l'esercizio dell'attività di navigazione fluviale. Come si è accennato, infatti, accanto all'impiego tradizionale dei beni pubblici appartenenti al demanio fluviale per l'esercizio dell'attività di trasporto sulle vie navigabili e per lo svolgimento dei traffici commerciali, sono venuti ad affermarsi altrettanto rilevanti

per un inquadramento dogmatico della fattispecie; GIANNINI (1963), p. 33, per una revisione critica dell'istituto; PESCATORE (1968), pp. 87 e 89; CASSESE (1969), p. 137; RESTA (1976), pp. 93 e 107; CAPUTI JAMBRENGHI (1979), p. 24; PALMA (1982), pp. 143 e 162; CERULLI IRELLI (1983), pp. 47 e 56; Id. (1987), p. 275; CAPUTI JAMBRENGHI (1987), p. 304; Id. (1988), pp. 2 e 13.

⁽²⁹⁾ Il significato precettivo della disposizione in oggetto, che riprende il contenuto normativo dell'art. 140 della legge 20 Marzo 1865, n. 2248, allegato f, è approfondito da NUOVO (1977), p. 716; ivi ulteriori indicazioni e richiami bibliografici.

⁽³⁰⁾ Sul principio di libertà di navigazione nei fiumi, laghi e canali naturali si veda, soprattutto SARFATTI (1963), pp. 13 e 18; è stato messo in rilievo, in particolare, che il principio del quale si tratta assume un significato diverso rispetto a quello della libertà di navigazione in alto mare: in questo senso, ROSSI (1942), p. 291.

⁽³¹⁾ In ordine al significato della demanialità, con particolare riferimento ai beni pubblici appartenenti al demanio marittimo, si vedano, soprattutto, PESCATORE (1941), p. 863; QUERCI (1964), p. 92; BENVENUTI (1965), p. 155; GAETA (1965), p. 136; per la proposta di una nuova *ratio* a giustificazione del permanere della natura demaniale marittima di determinati beni appartenenti allo Stato, ROMANELLI & COMENALE PINTO (1984), p. 601; più in generale, CORBINO (1990), p. 14; CASANOVA (1986), p. 49; CORBINO (1979), p. 16.

interessi pubblici e privati allo sfruttamento delle molteplici risorse che è possibile trarre dal bene: dal Fiume Po, in particolare, considerato nella sua valenza economica di risorsa produttiva e nella sua funzione sociale di bene suscettibile di godimento da parte della collettività.

Si tratta, allora, di compiere una accurata valutazione del reale significato che attualmente assume la qualificazione della natura giuridica del Fiume Po come bene pubblico demaniale, nonché, in un contesto allargato di teoria generale, di procedere ad una puntuale verifica in ordine alla *ratio* del regime di demanialità al quale il bene stesso risulta normativamente soggetto.

In estrema sintesi, secondo la persuasiva ricostruzione che dell'istituto è stata operata nella più recente ed autorevole letteratura, il fondamento della demanialità fluviale deve essere riconosciuto non tanto, o non solamente, nel soddisfacimento dell'interesse pubblico alla disposizione ed al godimento del bene secondo il legame di titolarità formale — generalmente espresso in termini di «proprietà pubblica» — che consegue come effetto del vincolo di «appartenenza» allo Stato⁽³²⁾. Al contrario, accentuando il carattere della «destinazione» dei beni che fanno parte del demanio fluviale — sostituendo (od affiancando) alla visione «statica» della proprietà pubblica una concezione «dinamica» della natura dei beni pubblici — il carattere della demanialità acquista un preciso significato «funzionale» di maggiore pregnanza⁽³³⁾. In considerazione delle molteplici funzioni che il fiume (così come gli altri beni pubblici appartenenti al demanio fluviale) è suscettibile di soddisfare, l'interesse pubblico che la natura demaniale del bene concretamente esprime si risolve nella possibilità di consentire a tutti di accedere alla libera ed ordinata fruizione del bene stesso. In altri termini, il rapporto di demanialità si concreta nell'attitudine del bene a soddisfare un interesse pubblico il cui contenuto normativo si manifesta compiutamente nella facoltà di godere e di disporre del fiume (in quanto bene demaniale) da parte di ogni individuo, con i limiti che derivano dalla funzione sociale espressa nella destinazione giuridica del bene e dalla necessità di garantire l'accesso degli altri soggetti alla legittima utilizzazione dello stesso.

⁽³²⁾ Nella dottrina meno recente, per tutti, CAMMEO (1893), p. 859; RANELLETTI (1897), IV, c. 325; GUICCIARDI (1934), p. 4; ROMANO (1937), p. 172; in epoca successiva all'attuale codificazione, soprattutto, PUGLIATTI (1964), p. 275; ZANOBINI (1958), p. 11.

⁽³³⁾ Per un integrale ripensamento dell'istituto, SANDULLI (1959), p. 277; con accentuazione del profilo della destinazione, in specie, ALESSI (1956), p. 39, e, soprattutto, CASSARINO (1962), si vedano anche MARTINI (1969) e CAPUTI JAMBRENGHI (1979). Nell'ottica di una concezione dinamica e funzionale dei beni pubblici demaniali si veda soprattutto BENVENUTI (1965), p. 154.

Di conseguenza, i poteri di amministrazione e di polizia attribuiti per legge allo Stato in ordine ai beni del demanio fluviale si presentano come potestà pubbliche che derivano dall'esigenza di assicurare la piena attuazione dell'interesse della collettività alla migliore utilizzazione del bene e dalla necessità di garantire la massima valorizzazione di tutte le potenzialità insite nel carattere di demanialità. Pertanto, i poteri di gestione del demanio fluviale non possono considerarsi limitati alla semplice attività di conservazione del bene, ma devono tendere a promuovere l'interesse generale al godimento collettivo della cosa pubblica e ad assicurare un più razionale impiego delle risorse del fiume⁽³⁴⁾.

Per quanto direttamente interessa il demanio fluviale, il passaggio da una concezione statica, vincolata alle utilizzazioni tradizionali del bene pubblico, ad una impostazione funzionale e dinamica, incentrata sulla considerazione del fiume come risorsa produttiva e centro di imputazione di rapporti sociali, ha trovato precisi riscontri sotto il profilo legislativo. In effetti, il quadro degli interventi normativi, come si è avuto modo di mettere in rilievo, non si esaurisce con l'emanazione del r.d. 11 Luglio 1913, n. 959 (testo unico sulla navigazione interna), e con l'approvazione della disciplina codicistica (codice della navigazione e relativo regolamento per la navigazione interna). Per quanto gli indicati strumenti di regolamentazione costituiscano ancora essenziali punti di riferimento, l'evoluzione della legislazione speciale, a carattere complementare ed accessorio, che caratterizza l'assetto pubblicistico della materia, ha determinato il sostanziale superamento della concezione normativa secondo la quale la navigazione fluviale avrebbe dovuto costituire in ogni caso la destinazione primaria dell'utilizzazione del corso d'acqua navigabile⁽³⁵⁾.

In questo senso, portando alle estreme conseguenze l'impostazione alla quale si accede, una parte della letteratura si è spinta sino a prospettare una implicita abrogazione, o quanto meno una recessione in desuetudine, delle disposizioni sull'impiego delle acque pubbliche e sulla destinazione dei fiumi, con particolare riferimento al richiamato disposto dell'art. 1 del testo unico sulla navigazione interna⁽³⁶⁾.

⁽³⁴⁾ Il particolare profilo di indagine è accentuato, con approfondimento specifico degli aspetti più strettamente legati alla materia della navigazione fluviale, da BENVENUTI (1961), p. 172.

⁽³⁵⁾ In ordine all'utilizzazione delle acque pubbliche, per una revisione del principio per cui la destinazione primaria sarebbe costituita dall'esercizio della navigazione interna, NUOVO (1977), p. 721; in precedenza, per tutti, BENVENUTI (1961), p. 171.

⁽³⁶⁾ In questo senso ha avuto modo di pronunciarsi ROBECCHI-MAJNARDI, in BAJNO, COLUCCI, RAMPULLI & ROBECCHI-MAJNARDI (1973), p. 590; si vedano anche BAJNO, RAMPULLA & ROBECCHI-MAJNARDI (1971), p. 5.

Il progresso tecnico e l'evoluzione scientifica hanno portato ad una dilatazione delle possibilità di utilizzazione dei corsi d'acqua come beni produttivi per finalità di sfruttamento economico. In relazione alle crescenti esigenze di impiego funzionale delle risorse del demanio idrico è venuta formandosi un'articolata successione di interventi normativi di regolamentazione che si specificano in una analitica serie di disposizioni legislative di dettaglio. Ne costituisce puntuale riscontro, in primo luogo, la legislazione speciale in tema di impiego delle acque dei fiumi a scopo di esercizio della attività di pesca nelle acque interne, secondo il r.d. 8 Ottobre 1913, n. 1604, testo unico delle leggi sulla pesca; di derivazione e utilizzazione di acque pubbliche, a norma del r.d.l. 14 Agosto 1920, n. 1285; di bonifica, in forza delle disposizioni del r.d. 13 Febbraio 1933, n. 215, recante norme per la bonifica integrale; di derivazione e utilizzazione di acque pubbliche e di produzione di energia idroelettrica, secondo la disciplina introdotta dal r.d. 11 Dicembre 1933, n. 1775, testo unico sulle acque; di derivazione per forza motrice, acqua potabile, irrigazione e bonifica per colmata, a norma del r.d. 27 Luglio 1934, n. 1265, testo unico delle leggi sanitarie.

In secondo luogo, vengono in rilievo le disposizioni codicistiche che recano disciplina del regime concessorio dei beni pubblici demaniali della navigazione interna, con specifico riferimento al disposto dell'art. 58 cod. nav., che richiama espressamente in materia le disposizioni stabilite dallo stesso codice per le concessioni di beni demaniali marittimi⁽³⁷⁾. In particolare, pur considerando che l'oggetto della concessione non è comunque il bene demaniale e fermo restando il principio di libertà nell'attività di navigazione interna, il ricorso allo strumento concessorio per la regolamentazione dell'accesso all'esercizio del servizio pubblico di linea per il trasporto di persone o di cose (art. 225 cod. nav.) consente di formulare un duplice rilievo. Da una parte, indica il fatto che deve ritenersi superata la concezione del demanio idrico inteso unicamente nella accezione di bene pubblico, in favore di una

⁽³⁷⁾ Con particolare riferimento all'istituto della concessione di beni demaniali marittimi, si veda, prima dell'entrata in vigore del codice della navigazione, in prospettiva *de lege ferenda*, PESCATORE (1941), p. 881; in letteratura, limitatamente ad alcuni dei contributi fondamentali, cfr. GUICCIARDI (1962), p. 2, III, c. 33; QUERCI (1962), I, p. 308; MALLÉN (1963), p. 556; QUERCI (1964), p. 98; GAETA (1965), p. 143; Id., (1966), I, p. 66; ACQUARONE (1970), p. 221; PASINI & BALUCANI (1978), p. 80; CORBINO (1979), p. 32; CASANOVA (1986), p. 62; CORBINO (1990), p. 48; TRANQUILLI LEALI (1991), p. 131. A livello manualistico, oltre a SCIALOJA (1943), p. 70, soprattutto, LEFEBVRE D'OVIDIO, PESCATORE & TULLIO (1990), p. 190; GRIGOLI (1982), p. 464; QUERCI (1989), pp. 87 e 108; a livello trattatistico, diffusamente, DOMINÈDÒ (1957), p. 60; RIGHETTI (1987), p. 706.

qualificazione del fiume come bene strumentale produttivo e come mezzo per l'esercizio di un'attività economica⁽³⁸⁾. Dall'altra parte, la concessione può presentarsi anche come uno strumento idoneo a sviluppare le potenzialità dinamiche dei beni appartenenti al demanio fluviale, in una prospettiva di governo della cosa pubblica non semplicemente conservativa, ma rivolta al miglioramento strutturale dei servizi, in funzione del perseguimento dell'interesse pubblico ad una gestione che assicuri l'interesse collettivo al razionale sfruttamento delle risorse⁽³⁹⁾.

In terzo luogo, assume particolare rilevanza, nella prospettiva considerata, la progressiva evoluzione delle attribuzioni legislativamente riservate al Magistrato del Po⁽⁴⁰⁾. Istituito dalla legge 12 Luglio 1956, n. 735, con specifiche competenze per la sistemazione idraulica del bacino del fiume e per la realizzazione delle opere relative alla navigazione marittima, la successiva trasformazione ed il progressivo ampliamento dei poteri — così, segnatamente, l'attribuzione all'organo di funzioni amministrative e giurisdizionali per effetto della legge 12 Luglio 1958, n. 240, e della legge 10 Ottobre 1962, n. 1484 — costituisce un'ulteriore conferma delle importanti modificazioni intervenute nell'assetto complessivo della materia.

L'elencazione esemplificativa potrebbe continuare con l'analisi degli altri settori in relazione ai quali si sono succedute disposizioni legislative che recano disciplina delle differenti possibili utilizzazioni delle risorse del demanio fluviale, con finalità diverse rispetto a quella di navigazione e di trasporto.

Pertanto, da ultima e per tutte, si segnala la regolamentazione introdotta dalla recentissima legge 5 Gennaio 1994, n. 36, recante disposizioni in materia di risorse idriche, la quale prevede, a norma dell'art. 1, comma primo, che «tutte le acque superficiali e sotterranee, ancorché non estratte dal sottosuolo, sono pubbliche e costituiscono una risorsa

⁽³⁸⁾ Per una puntuale affermazione in questo senso, BENVENUTI (1961), p. 175, con accentuazione del passaggio da una visione statica, legata ad un uso meramente conservativo del bene, ad una lettura in chiave dinamica e funzionale della demanialità, nell'ambito della quale la concessione si caratterizza come strumento di razionalizzazione della gestione amministrativa.

⁽³⁹⁾ In materia di concessioni amministrative, anche per ulteriori opportune indicazioni, si vedano, oltre al fondamentale contributo di RANELLETTI (1894), IV, c. 7, ed agli studi monografici di GALATERIA (1943), di SILVESTRI (1950), di GULLO (1965) e di D'ALBERTI (1981); tra gli altri, in prospettiva di efficace sintesi: VITTA (1959), p. 919; SILVESTRI (1961), p. 370; CAIANIELLO (1961), p. 370; ID. (1980), p. 234; D'ALBERTI (1988), p. 1; SORACE & MARZUOLI (1989), p. 282; si veda anche COSTANTINO (1975).

⁽⁴⁰⁾ In materia, per una ricognizione generale ed un inquadramento dogmatico della fattispecie, si veda, per tutti, SANDULLI (1989), pp. 416 e 919.

che è salvaguardata ed utilizzata secondo criteri di solidarietà», e stabilisce, all'art. 2, comma primo, che «l'uso dell'acqua per il consumo umano è prioritario rispetto agli altri usi del medesimo corpo idrico superficiale o sotterraneo».

Tuttavia, l'elemento sul quale mi preme porre l'accento è costituito, soprattutto, dalla caratteristica essenziale di estrema disomogeneità che il regime normativo delle utilizzazioni del demanio fluviale e — mi pare di poter dire — di sfruttamento delle risorse del Fiume Po sono venuti ad assumere in progresso di tempo⁽⁴¹⁾.

È ancora presente, da un lato, la connotazione originaria del Fiume Po, apprezzabile in termini di bene pubblico aperto al libero godimento da parte della collettività, al quale è connessa l'attribuzione all'autorità amministrativa di compiti di conservazione. Da un altro lato, invece, si configura la qualità del fiume medesimo come bene produttivo, funzionale rispetto al soddisfacimento dell'interesse privato allo sfruttamento economico, in ordine al quale la concessione viene in qualche misura ad assumere il ruolo di strumento di disciplina della gestione del bene al quale si affiancano potestà pubbliche di controllo. D'altro lato, infine, si riscontra la concorrenza di molteplici diverse modalità di impiego dello stesso bene pubblico (ad esempio, per la produzione di energia elettrica, per impieghi industriali, a scopo di bonifica o di irrigazione, per finalità turistico-ricreative, per la salvaguardia del paesaggio, per la tutela dell'ambiente) improntate a modelli di gestione e di controllo anche profondamente differenti tra loro nei presupposti e nei contenuti.

In sostanza, per una schematica valutazione conclusiva sul punto, si può ritenere che gli indicati elementi di disomogeneità vengano in effetti a sacrificare fondamentali esigenze di coordinamento amministrativo ed essenziali obiettivi di razionalizzazione normativa, che sarebbe invece consentito perseguire mediante l'adozione di meditate scelte di programmazione degli interventi ed attraverso l'elaborazione di una unitaria ed organica regolamentazione del settore.

⁽⁴¹⁾ Per una valutazione del particolare profilo in considerazione espressa in termini fortemente critici, si vedano, altresì, BENVENUTI (1961), p. 171, e NUOVO (1977), p. 721; per una ricognizione dettagliata degli strumenti normativi di settore si rinvia allo studio di QUERCI (1965), p. 120, ed al relativo aggiornamento curato dallo stesso QUERCI (1984), p. 222; da ultimo, D'ANIELLO (1990), p. 7; in particolare riferimento alla navigazione promiscua, nella perdurante carenza di specifici contributi monografici e di analitici approfondimenti dottrinali, si rinvia all'efficace sintesi operata da QUERCI (1965), p. 135.

4. Il trasferimento alle Regioni delle funzioni amministrative relative alla navigazione interna in attuazione dell'ordinamento regionale.

Le prospettive di sviluppo per il trasporto idroviario nel Piano Generale dei Trasporti

Come si accennava, all'autorità amministrativa vengono per legge attribuiti i poteri relativi all'esercizio dell'attività di gestione e di polizia in ordine ai beni del demanio fluviale. In relazione al contesto normativo nel quale trovano puntuale collocazione, si rende necessario, pertanto, operare una ricognizione per linee essenziali dell'attuale assetto dell'amministrazione della navigazione interna sul Fiume Po, secondo la progressiva evoluzione che ha caratterizzato il passaggio dal sistema codicistico originario al trasferimento ed alla delega alle Regioni delle relative funzioni, in attuazione dell'ordinamento regionale.

In prospettiva di schematica sintesi, l'esigenza di assicurare la piena attuazione dell'interesse pubblico della collettività alla migliore utilizzazione del demanio fluviale e la necessità di consentire a tutti i consociati di poter accedere ad un ordinato godimento del bene pubblico, venne realizzata dal legislatore del 1942 mediante un articolato procedimento di tendenziale assimilazione della regolamentazione relativa all'amministrativo della navigazione marittima, con gli adattamenti resi necessari dalle particolarità del trasporto fluviale⁽⁴²⁾.

In linea generale, l'organizzazione codicistica dell'amministrazione della navigazione fluviale prevedeva, a norma dell'art. 21 cod. nav., l'attribuzione di tutte le funzioni in materia al Ministro per i Trasporti⁽⁴³⁾, organo dell'amministrazione attiva centrale dello Stato nell'ambito del quale, in particolare, i poteri fanno capo all'ufficio della Direzione generale della motorizzazione civile e dei trasporti in concessione, secondo quanto previsto dalla legge 31 Ottobre 1967, n. 1085⁽⁴⁴⁾.

A livello periferico, l'art. 22 cod. nav. stabiliva la divisione del territorio nazionale in sedici zone, ad ognuna delle quali è preposto un ispettorato compartimentale della motorizzazione civile e dei trasporti

⁽⁴²⁾ Per alcune indicazioni, limitatamente alla fondamentale letteratura manualistica, si vedano LEFEBVRE D'OVIDIO, PESCATORE & TULLIO (1990), p. 79; QUERCI (1989), p. 55.

⁽⁴³⁾ Una ricostruzione sintetica dell'assetto normativo del quale si tratta è proposta, in particolare, da NUOVO (1977), p. 737; ID. (1985), p. 416.

⁽⁴⁴⁾ In dottrina, per tutti, QUERCI (1965), p. 119; NUOVO (1977), p. 716; più di recente, QUERCI (1984), p. 222.

in concessione⁽⁴⁵⁾; l'organizzazione amministrativa locale veniva completata, inoltre dalla istituzione degli ispettorati di porto e delle delegazioni di approdo, secondo l'art. 23 cod. nav., nei porti e nelle altre località di maggiore importanza per la navigazione interna⁽⁴⁶⁾; infine, negli altri luoghi in cui non avessero sede uffici di porto, l'esercizio delle attribuzioni amministrative in materia avrebbe potuto essere conferito all'autorità comunale da parte del Ministro dei Trasporti a norma del combinato disposto dell'art. 25 cod. nav. e dell'art. 3 reg. nav.⁽⁴⁷⁾.

In materia di beni del demanio fluviale destinati alla navigazione interna, in specie, erano riservate dall'art. 56 cod. nav. al Ministro dei Trasporti, quale organo reggente di settore nelle rispettive articolazioni centrali e periferiche, soltanto le competenze relative alla gestione dei porti e degli approdi di opere stabili, adibiti al pubblico servizio della navigazione; all'utilizzazione delle opere, degli impianti e delle altre pertinenze ivi esistenti; alla polizia delle zone portuali⁽⁴⁸⁾. Spettavano, invece, al Ministro dei Lavori Pubblici, secondo il disposto del r.d. 11 Luglio 1913, n. 959 (testo unico sulla navigazione interna), le competenze amministrative in materia di gestione delle sponde dei fiumi, di costruzione di talune opere per la navigazione interna, di direzione dei progetti, costruzione, difesa, conservazione e miglioramento dei canali demaniali, nonché di polizia della navigazione dei fiumi e dei canali navigabili⁽⁴⁹⁾.

Per quanto attiene all'organizzazione amministrativa dei principali servizi di navigazione interna, come si è avuto modo di accennare,

⁽⁴⁵⁾ A norma dell'art. 1 reg. nav. mar. la determinazione delle zone nelle quali è diviso il territorio statale agli effetti dell'ordinamento amministrativo della navigazione interna è stabilito con decreto del Presidente della Repubblica su proposta del Ministro per i trasporti (si veda quanto disposto con d.p.r. 26 Giugno 1950 e successive modificazioni). La «zona» di competenza territoriale di ogni ufficio periferico dell'amministrazione della navigazione interna, alla quale è preposto un ispettorato compartimentale (cfr. art. 22, comma secondo, cod. nav.), coincide con la circoscrizione degli ispettorati compartimentali della motorizzazione civile e dei trasporti in concessione (art. 1, d.p.r. 26 Giugno 1950; legge 31 Ottobre 1967, n. 1085).

⁽⁴⁶⁾ Si veda, in proposito, quanto disposto dall'art. 3 del d.p.r. 26 Giugno 1950.

⁽⁴⁷⁾ Per ulteriori indicazioni, in prospettiva di necessitata sintesi, LEFEBVRE D'OVIDIO, PESCATORE & TULLIO (1990), p. 80; QUERCI (1989), p. 55.

⁽⁴⁸⁾ Si vedano, in particolare, le disposizioni legislative di cui agli artt. 56, e seguenti, cod. nav. e le corrispondenti norme regolamentari degli artt. 15, e seguenti, reg. nav. int.; per un primo commento, limitatamente ad alcune essenziali indicazioni manualistiche, LEFEBVRE D'OVIDIO, PESCATORE & TULLIO (1990), pp. 179 e 186; QUERCI (1989), pp. 56, 149 e 215.

⁽⁴⁹⁾ Assume specifico rilievo, in dettaglio, quanto disposto dagli artt. 5, e seguenti, 39 e 59, del testo unico delle disposizioni di legge sulla navigazione interna e sulla fluitazione; per alcune considerazioni più generali sulla tematica in oggetto, cfr. GERACI (1965), IV, p. 239.

l'ordinamento codicistico disponeva espressamente, a norma dell'art. 225 cod. nav. (nonché artt. 99, e seguenti, reg. nav. int.), quale strumento prioritario per la «gestione» amministrativa dell'attività, la necessità di una specifica concessione per l'esercizio dei servizi pubblici di linea per il trasporto di persone e di cose, oltre che per la pratica dei servizi pubblici di rimorchio e di traino con mezzi meccanici. Nell'ipotesi di servizi di trasporto non di linea, di rimorchio per conto di terzi e di traino senza mezzi meccanici, era prevista invece l'autorizzazione all'attività da parte dell'autorità amministrativa preposta all'esercizio della navigazione interna, *ex* art. 226 cod. nav. e art. 129 reg. nav. int.; inoltre, in casi particolari, secondo il combinato disposto dell'art. 227 cod. nav. e dell'art. 137 reg. nav. int., l'autorizzazione al trasporto ed al rimorchio per conto terzi è rilasciata mediante semplice annotazione sulla licenza apposta dall'ufficio di iscrizione.

Per quanto più direttamente ancora interessa, il ricorso alla previsione dell'atto di concessione veniva a configurarsi come prioritario strumento di disciplina dell'attività⁽⁵⁰⁾. Si è ritenuto, anzitutto, di introdurre uno strumento idoneo a garantire all'autorità amministrativa i poteri di direzione e di controllo comunque necessari per una corretta gestione pubblica delle risorse del bene. Il codice della navigazione, in sostanza, ha perseguito l'obiettivo di permettere un razionale sfruttamento di tutte le potenzialità insite nel carattere di demanialità fluviale, assicurando la massima valorizzazione dell'interesse generale ad un ordinato accesso all'utilizzazione collettiva del bene pubblico.

La disciplina dell'amministrazione della navigazione interna sul Fiume Po, ha subito profonde modificazioni in seguito al trasferimento ed alla delega alle regioni delle funzioni amministrative in materia di «navigazione e porti lacuali», in attuazione dell'ordinamento regionale⁽⁵¹⁾.

Le competenze regionali previste dell'art. 117 Cost. che interessano la navigazione interna sono rappresentate, come è noto, dal «turismo», dai «lavori pubblici di interesse regionale», dalla «pesca nelle acque

⁽⁵⁰⁾ In una prospettiva di indagine più ampia ed articolata, cfr. POTOTSCHING (1964), pp. 226 e 422, alla cui impostazione, con specifico riferimento alla materia in esame, si richiama espressamente NUOVO (1977), p. 737.

⁽⁵¹⁾ Con l'espressione «navigazione e porti lacuali», secondo l'opinione prevalente in letteratura, il costituente non ha inteso riferirsi alla sola navigazione lacuale in senso stretto, ma ha voluto realizzare un coordinamento sostanziale tra la disciplina regionale della navigazione interna e la disciplina statale della navigazione marittima: in questo senso, BENVENUTI (1969), p. 161. In epoca anteriore alla promulgazione del d.p.r. 24 Luglio 1977, n. 616, si vedano NUOVO (1975), p. 11; VORANO (1975), p. 21; NUOVO (1973), p. 12; si veda anche, più in generale, ID. (1970), p. 365.

interne», dalla materia di «navigazione porti lacuali»⁽⁵²⁾. In particolare, per quanto attiene a quest'ultima, venne proposta in dottrina una interpretazione restrittiva, fondata essenzialmente sul tenore letterale della disposizione costituzionale e sulla presunta intenzione del legislatore, operandosi una distinzione, nell'ambito della navigazione interna, tra navigazione lacuale di competenza regionale e navigazione su altre vie navigabili. Prevalse in letteratura l'orientamento esegetico secondo cui il legislatore costituzionale avrebbe inteso realizzare un coordinamento tra disciplina «regionale» della navigazione interna e regolamentazione «statale» della navigazione marittima⁽⁵³⁾.

In progresso di tempo, l'evoluzione del quadro normativo di settore — oltre che, *in primis*, dalla legge 16 Maggio 1970, n. 281, in materia di porti lacuali — è segnata dal trasferimento alle Regioni delle attribuzioni in materia di navigazione interna e di gestione dei porti, attuato con d.p.r. 14 Gennaio 1972, n. 5; della competenza in materia di opere riguardanti la navigazione fluviale (e lacuale) e di opere di navigazione di terza e quarta classe, attuato con il successivo d.p.r. 15 Gennaio 1972, n. 8; delle funzioni amministrative relative al trasporto ed alla navigazione interna, oltre che ai porti lacuali ed interni, secondo il disposto dell'art. 97 d.p.r. 24 Luglio 1977, n. 616⁽⁵⁴⁾.

In particolare per quanto riguarda la navigazione sul Fiume Po, il trasferimento operato dal d.p.r. n. 5 del 1972, riguardava funzioni già di spettanza del Ministero dei Trasporti. Si trattava, a norma degli artt. 4, 5 e 6, rispettivamente l'assegnazione alle Regioni delle funzioni amministrative esercitate dagli organi centrali periferici dello Stato in

⁽⁵²⁾ Per una più completa descrizione della portata precettiva dell'art. 117 Cost. con riferimento alla materia della navigazione e dei trasporti si rinvia a ROMANELLI (1976), p. 41; in relazione al nuovo assetto delle competenze amministrative attribuite alle Regioni in attuazione dell'ordinamento regionale, si vedano, per tutti, BARBERA & BASSANINI (a cura di) (1978). Nonché CAPACCIOLI & SATTA (a cura di) (1980); più in generale, cfr. GIZZI (1981), p. 311; BARTOLE, in: «BARTOLE, MASTRANTONIO & VANDELLI (1991)», p. 165; PALADIN (1992), p. 116.

⁽⁵³⁾ Si tratta della già richiamata impostazione esegetica proposta da BENVENUTI (1969), p. 161, alla quale ha aderito la dottrina prevalente (nonostante l'evidente forzatura di riferire l'espressione «porti lacuali» anche ai porti della navigazione interna); la posizione interpretativa in oggetto, infine, ha trovato sostanziale accoglimento in sede legislativa nella formulazione precettiva dell'art. 97, comma primo, del d.p.r. 24 Luglio 1977, n. 616, a norma del quale «le funzioni amministrative relative alla materia "navigazione e porti lacuali" concernono la navigazione lacuale, fluviale, lagunare sui canali navigabili ed idrovie, i porti lacuali e di navigazione interna e ogni altra attività riferibile alla navigazione ed ai porti lacuali ed interni».

⁽⁵⁴⁾ Con riferimento, invece, ai beni demaniali e patrimoniali delle Regioni (vengono in rilievo, in particolare, i porti lacuali), cfr. GIZZI (1981), p. 275; MASTRANTONIO in: «BARTOLE, MASTRANTONIO & VANDELLI (1991)», p. 333; PALADIN (1992), p. 274.

ambito di navigazione fluviale (oltre che lacuale, lagunare, sui canali navigabili e idrovie) che si svolge nell'ambito territoriale di una regione; delle funzioni amministrative relative a porti di navigazione interna (ed ai porti lacuali) fluviali; delle funzioni amministrative in materia di navigazione e porti, concernenti, tra l'altro, la circolazione nelle acque interne, l'attività di trasporto per conto proprio e le autorizzazioni al trasporto in conto terzi, l'esercizio dei pubblici servizi di linea di trasporto e di traino, l'utilizzazione delle aree, delle opere, degli impianti e delle pertinenze delle zone portuali, nonché il movimento delle navi nei porti e lo svolgimento delle operazioni di imbarco e sbarco di persone e di caricazione e scaricazione merci. Venivano riservate agli organi dell'amministrazione dello Stato, a norma dell'art. 9 d.p.r. n. 5 del 1972, le attribuzioni relative al trasporto degli effetti postali, alla difesa nazionale, alla pubblica sicurezza, alla polizia giudiziaria, alla sicurezza degli impianti e dei natanti, nonché ogni altra funzione che, pur essendo esercitata in ordine alle attività previste dalle disposizioni indicate, riguardassero materie non riconducibili al disposto precettivo dell'art. 117 Cost.

A norma dell'art. 2, lett. *f* del d.p.r. n. 8 del 1972, inoltre, vennero trasferite alle Regioni le funzioni amministrative, già spettanti al Ministero dei Lavori Pubblici, in materia di «opere portuali riguardanti la navigazione lacuale e fluviale» e le «opere di navigazione interna» di terza e quarta classe. Come è noto, le questioni fondamentali che si sono poste in tema di realizzazione delle opere portuali riguardavano essenzialmente i problemi di finanziamento delle costruzioni e di gestione degli impianti. A tale proposito, vengono ad assumere uno specifico rilievo le funzioni di costruzione dei canali navigabili svolte dai c.d. Enti idroviali in un ambito territoriale determinato, non coincidente con quello degli Enti locali tradizionali; tra gli Enti idroviali che operano sul Fiume Po, in particolare, si segnalano il Consorzio Milano-Cremona-Po ed il Consorzio Padova-Venezia, al quale ultimo sono stati affidati, oltre ai compiti di realizzazione delle opere, anche puntuali funzioni di gestione⁽⁵⁵⁾.

Questa prima fase di attuazione del decentramento dall'amministrazione centrale e periferica dello Stato alle Regioni delle funzioni amministrative in materia di navigazione interna non ha mancato di dare luogo a significativi problemi applicativi. In dettaglio, le principali questioni interpretative attenevano alla definizione dell'ambito effettivo

⁽⁵⁵⁾ In materia, soprattutto, MERUSI (1968), pp. 371 e 389; più di recente, COLACITO (1980), p. 1660; NUOVO (1985), p. 416.

delle funzioni trasferite alle regioni, sia per la imprecisa formulazione tecnica delle norme del d.p.r. n. 5 del 1972, sia per il sovrapporsi scoordinato delle disposizioni di cui al successivo d.p.r. n. 8 del 1972⁽⁵⁶⁾.

Secondo il combinato disposto dell'art. 79 e dell'art. 97 del d.p.r. n. 616 del 1977, sono trasferite alle Regioni le funzioni amministrative esercitate dagli organi centrali e periferici dello Stato relative alla materia «navigazione e porti lacuali», vale a dire le attribuzioni che «concernono la navigazione lacuale, fluviale, lagunare sui canali navigabili e idrovie; i porti lacuali e di navigazione interna e ogni altra attività riferibile alla navigazione ed ai porti lacuali ed interni»⁽⁵⁷⁾.

Per quanto maggiormente interessa la navigazione fluviale, occorre anzitutto mettere in rilievo il fatto che, per quanto la materia risulti di necessità condizionata allo stretto rapporto che intercorre tra esercizio dell'attività nautica ed appartenenza del fiume del demanio pubblico, il bene «acque interne» non hanno formato oggetto di alcun trasferimento⁽⁵⁸⁾.

Ai sensi della disciplina normativa di attuazione dell'ordinamento regionale, invece, nella nozione di «navigazione», che definisce la materia all'interno della quale opera il trasferimento, devono ritenersi comprese, in primo luogo, tutte le funzioni amministrative che attengano alla disciplina della circolazione interna per vie d'acqua navigabili; costituiscono oggetto di trasferimento, in secondo luogo, le attribuzioni amministrative che riguardino i trasporti, con particolare riferimento ai servizi pubblici soggetti a concessione ed agli altri servizi soggetti ad autorizzazione⁽⁵⁹⁾. In ordine a questo secondo profilo, in

⁽⁵⁶⁾ Per alcuni puntuali rilievi critici, in particolare, NUOVO (1977), pp. 738 e 739; ROMANELLI (1976), p. 42.

⁽⁵⁷⁾ A norma dell'art. 97, comma secondo, d.p.r. n. 616 del 1977, le funzioni amministrative in materia di navigazione e porti che formano oggetto di trasferimento alle regioni «comprendono tra l'altro l'autorizzazione al pilotaggio, il demanio dei porti predetti e la potestà di rilasciare concessioni per l'occupazione e l'uso di aree ed altri beni nelle zone portuali, la rimozione di materiali sommersi ed il rilascio del certificato di navigabilità, nonché enti, istituti ed organismi operanti nel settore. Sono altresì comprese le funzioni amministrative relative al personale dipendente da imprese concessionarie operanti in questa materia».

⁽⁵⁸⁾ Secondo i rilievi formulati da COLACITO (1980), p. 1654, mentre deve certamente considerarsi pacifico l'assunto secondo il quale il bene "acque pubbliche" non ha formato oggetto di trasferimento alle Regioni, potrebbe risultare opportuno, invece, procedere ad una più attenta valutazione in ordine all'attuale consistenza dei beni appartenenti al demanio pubblico regionale in materia di navigazione e porti.

⁽⁵⁹⁾ Per una dettagliata esegesi della disposizione in commento e per un analitico esame delle conseguenze che ne derivano sull'ordinamento amministrativo della navigazione fluviale, si vedano, per tutti in dottrina, COLACITO (1980), p. 1656; RAMPULLA (1978), p. 532.

specie, giova ricordare che le funzioni amministrative per l'esercizio di un pubblico servizio di linea per il trasporto di persone o di cose, il noleggio da banchina ed i servizi pubblici di traino — soprattutto per quanto attiene al rilascio delle relative concessioni *ex art.* 225 cod. nav. — erano state devolute alla competenza delle Regioni a norma dell'art. 6 del d.p.r. n. 5 del 1972. Per quanto riguarda invece i servizi pubblici di rimorchio, non menzionati dal richiamato decreto, deve ora comunque ritenersi che abbiano formato oggetto di trasferimento per effetto della «clausola generale» contenuta nella formulazione letterale dell'art. 97, d.p.r. n. 616 del 1977, in forza della quale viene attribuita alle Regioni la competenza amministrativa per «ogni altra attività riferibile alla navigazione e ai porti lacuali ed interni».

Non altrimenti, in relazione ai servizi per i quali è necessario il rilascio di apposita autorizzazione, *ex art.* 226 cod. nav., il disposto precettivo dell'art. 6, d.p.r. n. 5 del 1972, aveva previsto unicamente il trasferimento alle Regioni delle funzioni amministrative per il servizio di trasporto non di linea per conto di terzi; in forza della norma generale di cui all'art. 97, d.p.r. n. 616 del 1977, sono state trasferite, pertanto, le corrispondenti attribuzioni per il servizio di rimorchio in conto terzi e per il traino con mezzi non meccanici e, segnatamente, per il rilascio dell'autorizzazione prevista dall'art. 226 cod. nav.

In relazione ai caratteri peculiari del trasporto idroviario e, in specie, della navigazione interna sul Fiume Po (che di necessità riguarda tutte le zone attraversate dal corso d'acqua), acquista un significativo rilievo quanto previsto dall'art. 98, d.p.r. n. 616 del 1977, a norma del quale, le funzioni amministrative delle quali si tratta, qualora siano interessati i territori confinanti di più regioni, sono esercitate mediante intese tra le regioni interessate ovvero attraverso gestioni comuni anche in forma consortile⁽⁶⁰⁾.

In questo senso, la disciplina della navigazione interna nell'area padana rende certamente necessario un coordinamento tra le Regioni direttamente coinvolte nella gestione dei traffici fluviali. Solamente in parte, a quanto consta, è stata effettivamente compiuta un'opera di puntuale armonizzazione degli interventi normativi regionali e di graduale avvicinamento tra gli organi amministrativi interessati: si tratterà,

⁽⁶⁰⁾ Secondo il tenore dell'art. 98, d.p.r. n. 616 del 1977, «le funzioni amministrative di cui al precedente articolo, quando sono interessati i servizi in territori finitimi di più regioni, sono esercitate mediante intesa tra le regioni interessate ovvero mediante gestioni comuni anche in forma consortile»; per un primo approccio all'analisi della disposizione in oggetto, si rinvia a SANVITI (1980), p. 1666, nonché a RAMPULLA (1978), p. 536.

pertanto, di dare compiuta attuazione al precetto normativo per concretare una sostanziale razionalizzazione delle intese già esistenti e per sfruttare pienamente le possibili sinergie che l'opportuna previsione legislativa consente di avviare⁽⁶¹⁾.

Infine, come ho avuto modo di rilevare in altra sede, in materia di navigazione interna si configura particolarmente importante l'intervento dello Stato per assicurare un organico e costante inserimento della navigazione interna nel quadro di un omogeneo sviluppo dei trasporti⁽⁶²⁾.

A questo proposito, occorre certamente riconoscere che l'attribuzione delle funzioni amministrative alle Regioni, realizzata in maniera pressoché completa, trova in effetti una puntuale giustificazione nei caratteri peculiari che il fenomeno della navigazione concretamente assume nella realtà geografica ed economica italiana. Il trasferimento alle Regioni, operato *ex art.* 6 del d.p.r. n. 616 del 1977, delle funzioni amministrative relative all'applicazione dei regolamenti della Comunità europea ed all'attuazione delle direttive comunitarie in materia, ne costituiscono un significativo riscontro ed un opportuno completamento⁽⁶³⁾.

Le attribuzioni regionali, tuttavia, dovrebbero trovare un deciso contemperamento nel necessario intervento dello Stato diretto ad evitare l'emarginazione del fenomeno ad una dimensione di interesse esclusivamente regionale, che confini la rilevanza dei traffici fluviali a dimensioni di carattere puramente locale, mediante il costante inserimento dei trasporti idroviari nel contesto di un organico sviluppo delle

⁽⁶¹⁾ Per la necessità di un coordinamento fra le Regioni interessate alla gestione dei traffici commerciali sul Fiume Po, cfr. ROMANELLI (1976), p. 42; evidenzia opportunamente l'esigenza di operare una coerente razionalizzazione dell'intero settore della navigazione fluviale, da ultimo, GRIGOLI (1993), p. 118.

⁽⁶²⁾ Sia consentito richiamare in proposito quanto messo in rilievo, in ROMANELLI (1976), p. 44, in ordine ai rapporti tra poteri di intervento dello Stato e competenze amministrative attribuite alle Regioni in materia di navigazione fluviale.

⁽⁶³⁾ A norma della disposizione richiamata nel testo, «sono trasferite alle regioni in ciascuna delle materie definite dal presente decreto anche le funzioni amministrative relative all'applicazione dei regolamenti della Comunità economica europea nonché all'attuazione delle sue direttive fatte proprie dallo Stato con legge che indica espressamente le norme di principio. In mancanza della legge regionale, sarà osservata quella dello Stato in tutte le sue disposizioni. Il Governo della Repubblica, in caso di accertata inattività degli organi regionali che comporti inadempimento agli obblighi comunitari, può prescrivere con deliberazione del Consiglio dei Ministri, su parere della Commissione parlamentare per le questioni regionali e sentita la regione interessata, un congruo termine per provvedere. Qualora la inattività degli organi regionali perduri dopo la scadenza di tale termine, il Consiglio dei Ministri può adottare i provvedimenti necessari in sostituzione dell'amministrazione regionale»; per un primo commento, TOSATO (1980), p. 116, nonché a GAJA (1978), p. 119.

politiche generali dei trasporti. Pertanto, anche se le competenze attribuite agli organi statali dell'amministrazione centrale e periferica in materia di navigazione fluviale appaiono decisamente limitate, è importante comunque ricordare come, a tenore dell'art. 4, d.p.r. n. 616 del 1977, sia comunque riservata allo Stato la funzione di indirizzo e di coordinamento delle attività amministrative delle Regioni a statuto ordinario per quanto concerne esigenze di carattere unitario — nei limiti, nelle forme e con le modalità previste dall'art. 3 della legge 22 Luglio 1975, n. 382 — e le funzioni, anche nelle materie trasferite o delegate, attinenti ai rapporti internazionali e con la Comunità europea, alla difesa nazionale ed alla pubblica sicurezza.

Proprio in questa prospettiva, da ultimo, pare necessario compiere uno schematico accenno, in ordine ai profili pubblicistici della navigazione interna, alle disposizioni del Piano Generale dei Trasporti approvato, ai sensi della legge 15 Giugno 1984, n. 245, con d.p.c.m. 10 aprile 1986⁽⁶⁴⁾. Come è stato puntualmente messo in rilievo, si tratta non tanto di uno strumento di programmazione che si risolve in una serie di prescrizioni, quanto piuttosto di un «atto di governo unitario di indirizzo di un determinato settore amministrativo»⁽⁶⁵⁾, al quale viene riconosciuto soprattutto il merito di avere operato un effettivo coordinamento delle politiche di governo in materia, considerando il fenomeno dei trasporti come unico sistema integrato⁽⁶⁶⁾.

Evidenziata l'esigenza di introdurre una organica disciplina legislativa ed amministrativa nel campo dei trasporti destinata a concretarsi in un intervento normativo quadro che esprima un nuovo disegno organizzativo e funzionale (in questi termini, al n. 40), vengono formulate alcune indicazioni per il trasporto idroviario (si veda quanto disposto al n. 45).

Nel dettaglio, tra le altre indicazioni, si ritiene necessario adottare provvedimenti per l'attuazione di un «sistema idroviario padano» mediante l'approvazione di uno specifico piano poliennale; modificare il disposto dell'art. 110 cod. nav., adeguandone il contenuto precettivo alle esigenze della manipolazione delle merci in transito nei porti

⁽⁶⁴⁾ In dottrina, MERUSI (1990), p. 1; si vedano, inoltre, i contributi presentati al convegno di Cagliari del 18 e 19 Maggio 1990, raccolti in *Il Piano generale dei trasporti. Prospettive di attuazione in Sardegna*, Napoli, 1991; in precedenza, AMOROSINO (1985), p. 10; PUGLIESE & CANCRINI (1985), p. 25; TALICE (1985), p. 336; GARELLA (1985), p. 358; RAVENNA (1985), p. 389.

⁽⁶⁵⁾ Si tratta della qualificazione giuridica proposta da MERUSI (1990), p. 8; in termini problematici, per le difficoltà di inquadramento rispetto alle categorie tradizionali, MEZZANOTTE (1985), p. 50.

⁽⁶⁶⁾ Per alcuni rilievi di carattere generale, in prospettiva di efficace sintesi, TULLIO (1991), p. 1.

marittimi e destinate al sistema idroviario⁽⁶⁷⁾, favorire la conservazione delle idrovie minori interessate soprattutto al traffico turistico; nonché emanare tempestivamente gli atti legislativi per l'adeguamento dell'ordinamento interno alle direttive comunitarie sulla navigazione interna⁽⁶⁸⁾.

In particolare, per quanto maggiormente interessa la navigazione fluviale e l'assetto normativo delle competenze amministrative, presenta certamente uno specifico rilievo la proposta di dare compiuta attuazione ad un sistema idroviario padano, adottando uno strumento di programmazione unitaria per il settore che possa tenere conto, ad un tempo, delle peculiari caratteristiche della navigazione interna, senza perdere di vista, allo stesso tempo, la necessità di mantenere il costante inserimento del fenomeno nell'ambito di uno sviluppo organico dei trasporti.

⁽⁶⁷⁾ Come è noto, la Corte di Giustizia delle Comunità europee, con sentenza del 10 Dicembre 1990, causa C 179/90, ha dichiarato il contrasto dell'art. 110, comma quinto, cod. nav. (oltre che dell'art. 111, comma quarto, stesso codice), con il combinato disposto degli artt. 30, 48, 86 e 90 Trattato CEE; la decisione è pubblicata, tra l'altro, in *Dir. Mar.*, 1191, 1128, con nota di F. MUNARI, *Compagnie portuali, imprese concessionarie e operazioni di imbarco e sbarco: il diritto comunitario e la Corte di Giustizia*, ivi, 1129; in *Dir. Trasp.*, 1992, 134, con nota di P. ROSSI, *Brevi riflessioni in merito alla sentenza della Corte di giustizia CEE in tema di monopolio legale di imprese e compagnie portuali*; in *Foro it.*, 1992, IV, c. 225, con nota di C. BRUSCO, *Imprese e compagnie portuali alla luce delle norme comunitarie*, ivi, c. 226, e con nota di F. MACARIO, *Autoproduzione di servizi e tramonto dei monopoli fra normativa comunitaria e disciplina «antitrust»: la vicenda delle compagnie portuali*, ivi, c. 229; in *Giust. civ.*, 1992, I, 2287, con nota di L. NICOLOSI, *Diritto di esclusiva sulle operazioni portuali: incompatibilità con la normativa del Trattato C.e.e.*, ivi, 2291; in *Mass. giur. lav.*, 1992, 397, con nota di R. LONGOBARDI, *L'ordinamento giuridico del lavoro portuale alla luce del diritto comunitario*; si veda anche, più approfonditamente, P. ROSSI, *Considerazioni concernenti l'applicabilità della normativa comunitaria e nazionale al settore dell'organizzazione del lavoro portuale*, in *Dir. trasp.*, 1992, 31. Secondo il parere del Consiglio di Stato, Sez. II, 13 Maggio 1992, n. 598, a seguito della sentenza della Corte di Giustizia delle Comunità europee si è determinata l'illegittimità, per contrasto con le disposizioni del Trattato CEE, degli artt. 110, comma quinto, e 111, comma quarto cod. nav.: il testo è pubblicato in *Dir. Mar.*, 1992, 672, con nota di C. MEDINA, *Le norme del codice della navigazione sul monopolio delle compagnie portuali e sull'esercizio da parte di imprese di operazioni portuali per conto terzi alla luce dei principi fondamentali del Trattato istitutivo della Comunità Economica Europea: il giudizio della Corte del Lussemburgo*, ivi, 677. Si segnala che, per la razionalizzazione dell'ordinamento e delle attività portuali, anche in prospettiva di adeguamento della materia agli obiettivi indicati nel Piano Generale dei Trasporti, dettando contestualmente principi direttivi in ordine all'aggiornamento ed alla definizione degli strumenti attuativi del Piano stesso, nonché all'adozione e modifica dei piani regionali dei trasporti, è stata recentemente emanata la legge 28 Gennaio 1994, n. 84, recante norme per il riordino della legislazione in materia portuale.

⁽⁶⁸⁾ In questo senso, con specifico riferimento alla adozione di provvedimenti per il trasporto idroviario, dispone espressamente il Piano Generale dei Trasporti, in *Gazz. Uff.*, cit., n. 45, 113.

5. Legislazione comunitaria

L'attuazione di una politica comune dei trasporti tra gli Stati membri e l'intervento della Comunità europea nella regolamentazione delle attività di navigazione fluviale.

La necessità di adottare con tempestività i provvedimenti legislativi per l'adeguamento dell'ordinamento interno alle direttive comunitarie in materia di navigazione interna — esigenza peraltro sottolineata anche nel testo del Piano Generale dei Trasporti — si presenta allo stato attuale con carattere di particolare urgenza. Risultano sempre più numerosi e dettagliati, come già si è avuto modo di accennare, gli strumenti normativi di derivazione comunitaria, che recano disciplina della materia di navigazione fluviale e si specificano in una analitica serie di disposizioni introdotte mediante regolamenti e direttive.

In generale, come è noto, il trasporto per vie navigabili — al pari del trasporto stradale e ferroviario, ma a differenza dei trasporti marittimi ed aerei — è sempre stato direttamente ed integralmente soggetto alle disposizioni del Trattato CEE: così, segnatamente, oltre alle norme di principio poste dagli artt. 2 e 3, alla particolare disciplina relativa alla materia dei trasporti, a norma dell'art. 84, n. 1, contenuta negli artt. 74 e seguenti. L'esigenza di perseguire gli obiettivi del Trattato per quanto riguarda la materia dei trasporti interni «nel quadro di una politica comune dei trasporti» (art. 74) non ha subito modificazioni per effetto dell'entrata in vigore dell'Atto Unico Europeo il giorno 1 Luglio 1987. Né l'affermazione di principio della necessità di attuare una politica comune dei trasporti nei diversi Stati membri della Comunità europea espressamente riconosciuta a norma dell'art. 74 Trattato CEE — specificamente riferita ai trasporti per vie navigabili ai sensi dell'art. 84, n. 1, dello stesso Trattato — ha subito variazioni in seguito all'entrata in vigore del Trattato sull'Unione Europea il giorno 1 Novembre 1993. È stato modificato, invece, a norma dell'art. G, punto 16, del Trattato UE, il disposto dell'art. 75, n. 1, Trattato CE. Anzitutto, per quanto attiene alla procedura che il Consiglio è tenuto a seguire nelle deliberazioni in materia di trasporti; ai fini dell'applicazione dell'art. 74, si prevede che debbano essere rispettate le modalità indicate dall'art. 189 C e che non sia più necessario consultare previamente il Parlamento europeo; in secondo luogo, in ordine ai provvedimenti da adottare, il Consiglio stabilisce non soltanto le norme comuni applicabili ai trasporti internazionali che interessino uno Stato membro (art. 75, n. 1, lett. a), le condizioni per l'ammissione dei vettori non residenti ai trasporti nazionali di uno Stato membro (art. 75, n. 1, lett. b) ed ogni altra utile

disposizione in materia (art. 75, n. 1, lett. *d*, già lett. *c*), ma anche le misure atte a migliorare la sicurezza dei trasporti (art. 75, n. 1, lett. *c*).

Occorre rilevare, tuttavia, che la navigazione interna italiana si presenta con caratteristiche affatto peculiari rispetto all'attività di trasporto per vie navigabili esercitata in altri Stati membri, trattandosi di un fenomeno a carattere essenzialmente locale, essenzialmente limitato alla navigazione padana, escluso per ragioni geografiche dall'accesso all'articolata rete idroviaria europea.

Ne consegue, sotto il profilo giuridico, che numerosi strumenti di regolamentazione emanati in sede comunitaria non trovano applicazione ai trasporti per vie navigabili interne oppure finiscono per assumere un rilievo marginale in relazione all'ordinamento interno della navigazione fluviale. A titolo esemplificativo possono richiamarsi, tra le previsioni più recenti, le disposizioni del regolamento (CEE) n. 1101/89 del Consiglio, del 27 Aprile 1989, relativo al risanamento strutturale del settore della navigazione interna, in dipendenza delle sovraccapacità strutturali di stiva che si manifestano nelle flotte operanti sulla rete delle vie navigabili intercollegate di Belgio, Germania, Francia, Lussemburgo e Paesi Bassi; la disciplina introdotta dal regolamento (CEE) n. 4060/89 del Consiglio, del 21 Dicembre 1989, relativo all'eliminazione di controlli effettuati alle frontiere degli Stati membri nel settore dei trasporti (su strada e) per vie navigabili; ovvero, le norme di cui al regolamento (CEE) n. 3912/92 del Consiglio, del 17 Dicembre 1992, relativo ai controlli effettuati all'interno della Comunità nel settore dei trasporti (su strada e) per vie navigabili per quanto riguarda i mezzi di trasporto immatricolati o ammessi a circolare in un Paese terzo⁽⁶⁹⁾.

In ogni caso, l'emanazione di specifici regolamenti in materia di navigazione fluviale e la formulazione di numerose direttive in tema di trasporto per vie navigabili non hanno mancato di incidere sull'ordinamento interno di settore, mettendo in evidenza, comunque, la

⁽⁶⁹⁾ Si vedano, inoltre, la direttiva 76/135/CEE del Consiglio, del 20 Gennaio 1976, sul reciproco riconoscimento degli attestati di navigabilità rilasciati per le navi della navigazione interna, a norma del cui art. 2, n. 1, «gli Stati membri adottano, ove necessario, le procedure per il rilascio degli attestati di navigabilità. Tuttavia, uno Stato membro può non applicare la presente direttiva alle navi che non lasciano le idrovie interne del suo territorio»; la direttiva 87/540/CEE del Consiglio, del 9 Novembre 1987, relativa all'accesso alla professione di trasportatore di merci per via navigabile nel settore dei trasporti nazionali ed internazionali intesa al riconoscimento reciproco dei diplomi, certificati ed altri titoli relativi a tale professione; la direttiva 91/672/CEE del Consiglio, del 16 Dicembre 1991, sul riconoscimento reciproco dei certificati nazionali di conduzione di navi per il trasporto di merci e di persone nel settore della navigazione interna, mirata a promuovere, tra l'altro, «la libera navigazione sulle idrovie interne della Comunità».

rilevanza degli interventi legislativi e delle competenze specifiche della Comunità europea⁽⁷⁰⁾.

La competenza normativa prevista dall'art. 75 Trattato CEE, soprattutto in forza della clausola generale per cui il Consiglio stabilisce «ogni altra utile disposizione» (art. 75, n. 1, lett. d) in materia di trasporto per vie navigabili (art. 84, n. 1), consente agli organi comunitari di adottare qualsiasi provvedimento che, come abbiamo indicato, sia collegato con gli obiettivi del Trattato CEE (artt. 2, 3, 3A e 3B, come modificati ed aggiunti dall'art. G, punti 2, 3, 4 e 5 del Trattato UE) e si inserisca «nel quadro di una politica comune dei trasporti» (art. 74).

In specie, gli strumenti di regolamentazione normativa adottati in sede comunitaria attengono principalmente al coordinamento degli investimenti ed al sostegno finanziario nel settore, alla regolamentazione della concorrenza e dell'intervento degli Stati membri, al funzionamento ed all'osservazione del mercato, con particolare riferimento alla disciplina dell'accesso al mercato da parte degli operatori commerciali, al ravvicinamento delle strutture tecniche e di sicurezza oltre che delle strutture sociali.

Limitandoci ad una ricognizione, di necessità circoscritta e sommaria, degli interventi normativi comunitari, sotto il primo profilo — coordinamento degli investimenti e sostegno finanziario nel settore dei trasporti idroviali — viene in rilievo soprattutto l'azione comunitaria nel settore delle infrastrutture di trasporto, con particolare riferimento all'adozione di misure per il coordinamento degli investimenti, per il sostegno finanziario in vista della realizzazione di progetti specifici, per la tariffazione dell'uso delle infrastrutture⁽⁷¹⁾. In particolare, si registra

⁽⁷⁰⁾ Come si è già avuto occasione di mettere in evidenza, in ROMANELLI (1976), pp. 36 e 37, i particolari caratteri della navigazione interna italiana, che è poi essenzialmente navigazione padana, la differenziano nettamente da quella di gran parte degli altri Stati della Comunità europea; tuttavia, «tale situazione non elimina il rilievo delle competenze comunitarie» (36), dal momento che «dalle norme comunitarie può risultare la adozione di taluni criteri e principi generali, che debbono essere osservati ed attuati nell'ambito della normativa interna» (37). In materia si veda anche, nella dottrina più risalente, CARBONE (1962), p. 361.

⁽⁷¹⁾ Si tratta, in dettaglio, del regolamento (CEE) n. 2598/70 del Consiglio, del 4 Giugno 1970, che istituisce una contabilità per le spese per le infrastrutture dei trasporti per ferrovia, su strada e per via navigabile; del regolamento (CEE) n. 4060/89 del Consiglio, del 21 Dicembre 1989, relativo all'eliminazione dei controlli effettuati alle frontiere degli Stati membri nel settore dei trasporti su strada e per vie navigabili; del regolamento (CEE) n. 3912/92 del Consiglio, del 17 Dicembre 1992, relativo ai controlli effettuati all'interno della Comunità nel settore dei trasporti su strada e per vie navigabili per quanto riguarda i mezzi di trasporto immatricolati o ammessi a circolare in un Paese terzo. Si vedano anche la decisione n. 64/389/CEE del Consiglio, del 22 Giugno 1964, la decisione n. 65/271/CEE del Consiglio, del 13 Maggio 1965 e la decisione n. 70/108/CEE del Consiglio, del 27 Gennaio 1970, in merito all'organizzazione di un'indagine sui costi delle infrastrutture relative ai trasporti per ferrovia, per strada e per via navigabile.

la tendenza ad addossare a ciascuna modalità di trasporto i costi delle infrastrutture da ciascun mezzo utilizzate, nella prospettiva di attuare le migliori condizioni di concorrenza sul mercato dei trasporti⁽⁷²⁾.

In ordine al secondo aspetto — regolamentazione della concorrenza e dell'intervento degli Stati membri — già nella decisione n. 65/271/CEE del Consiglio, del 13 Maggio 1965, relativa all'armonizzazione di alcune disposizioni che incidono sulla concorrenza nel settore dei trasporti (ferroviari, su strada e) per vie navigabili, veniva affermato che «uno degli obiettivi della politica comune dei trasporti dev'essere l'eliminazione delle disparità che possono falsare in misura sostanziale le condizioni di concorrenza tra i trasporti»; si rendeva necessario, pertanto, prevedere disposizioni per il progressivo ravvicinamento della disciplina di settore, con specifico riguardo alla tendenziale abolizione degli obblighi inerenti alla nozione di servizio pubblico (art. 5 ed art. 6), alla riforma delle norme in materia fiscale (artt. 1-4) ed in materia sociale (artt. 10-13).

Non altrimenti, tra le motivazioni che hanno determinato l'emanazione del regolamento (CEE) n. 1017/68 del Consiglio, del 19 Luglio 1968, relativo all'applicazione di regole di concorrenza ai settori dei trasporti (ferroviari, su strada e) per vie navigabili, assume un rilievo centrale il fatto che «la definizione di regole di concorrenza applicabili ai trasporti ferroviari, su strada e per vie navigabili costituisce uno degli elementi della politica comune dei trasporti nonché della politica economica generale» e che «nel determinare le regole di concorrenza per questi settori, occorre tener conto degli aspetti peculiari dei trasporti», anche «in relazione al fatto che le regole di concorrenza per i trasporti derogano alle regole di concorrenza generali». Pertanto, vengono vietati, in linea di principio, le intese o gli accordi tra imprese di trasporto, le decisioni di associazioni di imprese e tutte le pratiche concordate che possano pregiudicare il commercio tra gli Stati membri ed abbiano per oggetto o per effetto di impedire, restringere o falsare la libera concorrenza all'interno della Comunità (art. 2), fatte salve le eccezioni determinate da particolari necessità del mercato; allo stesso modo, si dichiara incompatibile con il mercato comune e vietato nella misura in cui rechi pregiudizio agli Stati membri lo sfruttamento abusivo, da parte

⁽⁷²⁾ Non altrimenti, avevamo avuto modo di rilevare, in ROMANELLI (1976), p. 38, come dalla normativa comunitaria già emergessero — sulla base del principio della attuazione di concrete ed effettive condizioni di concorrenza nel mercato dei trasporti stradali, ferroviari e per vie navigabili — il criterio dell'assoggettamento ad un uguale regime fiscale, l'applicazione di analoghe disposizioni in materia sociale, la soppressione di obblighi di servizio e la tendenza ad addossare a ciascun mezzo di trasporto il costo delle infrastrutture utilizzate.

di una o più imprese di trasporto, di una posizione dominante sul mercato comune o su una parte sostanziale del medesimo (art. 8).

Ancora, considerato che «uno degli obiettivi della politica comune dei trasporti è l'eliminazione delle disparità create dall'imposizione alle imprese di trasporto, da parte degli Stati membri, di obblighi inerenti alla nozione di servizio pubblico, che possono falsare in misura sostanziale le condizioni di concorrenza», il regolamento (CEE) n. 1191/69 del Consiglio, del 26 Giugno 1969, e successive modificazioni, relativo all'azione degli Stati membri in materia di obblighi inerenti alla nozione di servizio pubblico nel settore dei trasporti (ferroviari, su strada e) per via navigabile, prevede in linea generale la eliminazione degli obblighi in oggetto (art. 2) e stabilisce i principi in forza dei quali sceglierne la soppressione o la conservazione (art. 3). Tuttavia, disponendo il mantenimento degli stessi nella misura in cui risultino indispensabili per garantire sufficienti servizi di trasporto, impone di scegliere comunque la soluzione meno onerosa per la collettività e dispone metodi di compensazione per gli obblighi di servizio mantenuti.

Infine, nella prima considerazione della motivazione del regolamento (CEE) n. 1107/70 del Consiglio, del 4 Giugno 1970, e successive modificazioni, relativo agli aiuti accordati nel settore dei trasporti (ferroviari, su strada e) per via navigabile, viene espressamente sancito il principio per cui «l'eliminazione delle disparità che possono falsare le condizioni di concorrenza sul mercato dei trasporti costituisce un obiettivo essenziale della politica comune dei trasporti».

Con riferimento al terzo ambito, presentano un certo interesse le disposizioni relative alla osservazione sull'andamento dei traffici commerciali, tra le quali, in particolare, si ricordano quelle introdotte dalla direttiva 80/1119/CEE del Consiglio, del 17 Novembre 1980, relativa alla rilevazione statistica dei trasporti di merci per via navigabile interna, necessaria per la conoscenza dell'ampiezza e dell'evoluzione dei trasporti, nella prospettiva di verificare in quale misura siano stati conseguiti gli obiettivi comunitari.

Tuttavia, presentano certamente un particolare interesse, ai fini considerati, le norme comunitarie che introducono la regolamentazione del funzionamento del mercato, con particolare riguardo alla disciplina dell'accesso al mercato dei trasporti idroviari da parte degli operatori commerciali.

In particolare, viene anzitutto in rilievo quanto disposto dalla direttiva 87/540/CEE del Consiglio, del 9 Novembre 1987, relativa all'accesso alla professione di vettore di merci per via navigabile nel settore dei trasporti nazionali (ed internazionali), intesa al riconoscimento reciproco dei diplomi, certificati ed altri titoli relativi a tale professione:

i principi comunitari che vengono in evidenza nella motivazione attengono soprattutto al fatto che «l'organizzazione del mercato dei trasporti è uno degli elementi necessari all'attuazione di una politica comune dei trasporti, la cui instaurazione è prevista dal Trattato» e, in specie, che «l'adozione di misure volte a coordinare l'accesso alla professione di trasportatore è per sua natura tale da favorire l'attuazione della libera prestazione di servizi e l'effettivo diritto di stabilimento». Pare opportuno ricordare, comunque, che a norma dell'art. 3, n. 3, previa consultazione della Commissione, uno Stato membro può dispensare dall'applicazione delle condizioni indicate dalla direttiva i vettori che operino esclusivamente su vie navigabili nazionali che non siano collegate alla rete navigabile di un altro Stato membro.

Inoltre, assume pregnante rilevanza in ordine all'incidenza della normativa comunitaria sull'ordinamento interno dei trasporti idroviari, la disciplina introdotta con il regolamento CEE) n. 3921/91 del Consiglio, del 16 Dicembre 1991, che fissa le condizioni per l'ammissione di vettori non residenti ai trasporti nazionali di merci o di persone per via navigabile in uno Stato membro. Si ritiene, infatti, che l'attuazione di una politica comune dei trasporti (*ex* art. 75, n. 1, lett. *b*, del Trattato), resa necessaria dall'esigenza di «evitare distorsioni della concorrenza e perturbamenti nell'organizzazione dei mercati in questione», implichi «l'eliminazione di qualsiasi restrizione nei confronti di prestatore di servizi, motivata dalla sua nazionalità o dal fatto che egli è stabilito in uno Stato membro diverso da quello in cui la prestazione deve essere fornita» e debba svolgersi in conformità «ai principi generali del Trattato che sanciscono la parità di trattamento», per cui i vettori non residenti devono essere ammessi ad effettuare i trasporti nazionali alle medesime condizioni che il singolo Stato membro impone ai propri vettori. Come è noto, all'opportunità di agevolare lo sviluppo del cabotaggio, considerato come fattore idoneo ad influenzare positivamente i traffici commerciali interni (sia pure con diretto riferimento al cabotaggio marittimo), fa riferimento in particolare il Piano Generale dei Trasporti, secondo il quale occorre procedere ad una razionalizzazione dell'intero sistema pubblicistico dei trasporti con riferimento, tra l'altro, alle «linee di navigazione interna»⁽⁷³⁾. D'altra parte, a livello comunitario, la necessità di procedere ad un intervento normativo in ordine al traffico di cabotaggio per l'attuazione di una

⁽⁷³⁾ Si veda, in particolare, quanto dispone il Piano Generale dei Trasporti, in *Gazz. Uff.*, n. 44, 111, in ordine al traffico di cabotaggio ed alle linee di navigazione interna.

politica comune in materia di trasporti ha avuto concreta attuazione, sia pure in relazione allo specifico settore del cabotaggio marittimo, con l'adozione del regolamento (CEE) n. 3577/92 del Consiglio, del 7 Dicembre 1992, concernente l'applicazione del principio della libera prestazione dei servizi ai trasporti marittimi fra gli Stati membri (cabotaggio marittimo)⁽⁷⁴⁾.

Infine, per quanto attiene al quarto profilo, ravvicinamento delle strutture tecniche e di sicurezza e delle strutture sociali, la direttiva 82/714/CEE del Consiglio, dal 4 Ottobre 1982, che fissa i requisiti tecnici per le navi della navigazione interna — adottata in applicazione della direttiva 76/135/CEE del Consiglio, del 20 Gennaio 1976, sul reciproco riconoscimento degli attestati di navigabilità rilasciati per le navi della navigazione interna — trova puntuale giustificazione se si considera il fatto che «gli obiettivi e l'attuazione di una politica comune dei trasporti esigono nel settore della navigazione interna, tra l'altro, che la circolazione delle navi sulla rete navigabile della Comunità abbia luogo nelle migliori condizioni sia sul piano delle sicurezze che su quello delle condizioni di concorrenza».

Si segnala, inoltre, per quanto attiene specificatamente alle strutture sociali, che, con decisione 80/991/CEE della Commissione, del 9 Ottobre 1980, è stato istituito un comitato paritetico per la navigazione interna con il precipuo compito di assistere la Commissione stessa in sede di elaborazione e di attuazione della politica sociale comunitaria, per agevolare il miglioramento e l'armonizzazione delle condizioni di vita e di lavoro nel settore.

Nell'operare alcuni rilievi conclusivi in ordine ai dati che con maggiore evidenza paiono emergere ad una valutazione dell'incidenza della normativa comunitaria sull'ordinamento interno dei trasporti pare opportuno soffermarsi unicamente sulla individuazione dei principi generali che hanno determinato l'adozione dei regolamenti presi in esame e che dovranno essere osservati nel recepimento delle direttive in materia.

In prospettiva di essenziale schematicità, dall'analisi delle indicate disposizioni comunitarie deriva, anzitutto, che uno dei fondamenti primari della normativa di settore, avvertito specialmente negli strumenti di regolamentazione meno recenti, è costituito dalla esigenza di dare

⁽⁷⁴⁾ In dottrina, anche per le opportune indicazioni e per ulteriori richiami bibliografici, sia pure con riferimento specifico al cabotaggio marittimo, per tutti: ROMANELLI (1991), p. 33, nonché GRAGNOLI (1991), p. 219.

concreta e piena attuazione alla realizzazione delle condizioni per una libera concorrenza nel mercato dei trasporti della Comunità Europea⁽⁷⁵⁾.

Alla rilevanza del principio di libera concorrenza per l'attuazione di una politica comune dei trasporti tra i Paesi membri della Comunità, è venuta ad affiancarsi, in progresso di tempo, la necessità di assicurare la concreta realizzazione di altri canoni essenziali per il conseguimento della medesima finalità: in particolare, nell'articolazione delle diverse fasi evolutive dell'assetto normativo comunitario, sono stati affermati e perseguiti soprattutto, tra gli altri, il principio generale della parità di trattamento, il principio di libertà di stabilimento ed il principio della libera prestazione dei servizi.

Infine, le norme comunitarie non mancano di rinfrangersi sull'ordinamento interno anche per quanto attiene alle competenze dello Stato o delle Regioni, venendo ad incidere, in maniera talora rilevante, sulle rispettive attribuzioni legislative ed amministrative.

Come si è già avuto modo di mettere in evidenza, a norma dell'art. 4 del d.p.r. n. 616 del 1977, è comunque riservata allo Stato la funzione di indirizzo e di coordinamento delle attività amministrative delle Regioni a statuto ordinario per quanto concerne esigenze di carattere unitario — nei limiti, nelle forme e con le modalità previste dall'art. 3 della legge 22 Luglio 1975, n. 382 — e le funzioni, anche nelle materie trasferite o delegate, attinenti, tra l'altro, ai rapporti con la Comunità europea. In particolare, inoltre, secondo il disposto dell'art. 6 d.p.r. n. 616 del 1977, sono trasferite alle Regioni, anche in materia di trasporto per vie navigabili, le funzioni amministrative relative all'applicazione dei regolamenti della Comunità Europea ed all'attuazione delle direttive comunitarie fatte proprie dallo Stato con legge che indichi espressamente le norme di principio alle quali attenersi; in mancanza di una legge regionale che disponga specificamente, troverà la legge dello Stato in tutte le sue disposizioni.

Pertanto, se occorre riconoscere che l'intervento dello Stato nella disciplina della navigazione interna si presenta certamente essenziale per assicurare il costante inserimento del settore nel quadro di un'or-

⁽⁷⁵⁾ Per un'accentuazione dell'incidenza del principio di libertà di concorrenza nell'adozione dei provvedimenti normativi comunitari in materia di navigazione interna, sia pure con analisi degli strumenti di regolamentazione meno recenti, sia consentito richiamare ROMANELLI (1976), p. 38; i rilievi in quella sede formulati sono suscettibili di essere sostanzialmente riproposti con riferimento alla situazione legislativa vigente, in ordine alla quale, tuttavia, le esigenze dei singoli Stati membri di promuovere un adeguato sviluppo dei traffici commerciali per vie navigabili interne ed internazionali non hanno mancato di incidere in misura significativa sui recenti interventi di regolamentazione del settore.

ganica politica generale dei trasporti, tuttavia, pare necessario mettere in luce come l'attribuzione alle regioni delle funzioni amministrative in tema di «navigazione e porti lacuali» recuperi un fondamentale referente costituzionale nella previsione dell'art. 117 Cost. e trovi puntuale giustificazione nei caratteri peculiari che il fenomeno del trasporto per vie navigabili riveste nella realtà interna.

Considerata l'ampiezza delle competenze normative comunitarie in materia di trasporto per vie navigabili, ai sensi dell'art. 75 Trattato CEE, il fatto che lo Stato possa indicare norme di principio ed esercitare un potere sostitutivo viene a determinare, in effetti, un sostanziale trasferimento di attribuzioni dalle Regioni allo Stato, anche se quest'ultimo, successivamente, finisce per ritrasferirle alle Regioni sotto forma di competenze delegate.

6. Profili privatistici

La disciplina privatistica della navigazione interna sul Fiume Po con particolare riferimento ai contratti di utilizzazione della nave

Una volta definito il quadro pubblicistico entro cui viene a trovare puntuale collocazione la disciplina della navigazione fluviale — assetto legislativo in ordine al quale si registrano gli elementi di maggiore peculiarità della materia — è possibile procedere più rapidamente ad un sommario accenno agli aspetti privatistici di settore, con particolare riferimento ai contratti di utilizzazione della nave.

Anzitutto, come si è avuto modo di mettere in risalto, l'attività di navigazione fluviale ha trovato compiuta regolamentazione nel codice della navigazione, mediante la previsione espressa di alcune specifiche disposizioni che operano un puntuale richiamo recettizio alle norme dettate dallo stesso codice in tema di navigazione marittima, adeguandone tuttavia il contenuto alle particolari esigenze dell'esercizio della navigazione interna.

Con riferimento all'indicata tendenza all'assimilazione del regime normativo della navigazione fluviale a quello proprio della navigazione marittima, assume certamente un valore paradigmatico il sistema dei contratti di utilizzazione del mezzo nautico, inteso come il complesso delle figure negoziali (locazione, noleggio e, soprattutto, trasporto) che si collocano al centro dei fenomeni relativi all'impiego della nave per acque interne navigabili.

Senza soffermarci sulla disciplina normativa relativa alle singole tipologie contrattuali e sui relativi problemi di qualificazione dog-

matica, siano consentite solamente alcune osservazioni marginali. A norma dell'art. 468 cod. nav., ai contratti di utilizzazione delle navi addette alla navigazione interna si applicano le disposizioni che disciplinano i contratti di utilizzazione delle navi marittime «in quanto gli usi speciali non dispongano diversamente». La portata precettiva della disposizione in oggetto può essere compresa nella pienezza del suo significato solamente qualora si consideri il particolare rilievo che il c.d. criterio del «diritto vivente» ha concretamente assunto nell'opera di codificazione e quando si tenga conto della specifica valenza che gli usi in materia di navigazione vengono ad assumere a norma dell'art. 1 cod. nav., per effetto del quale prevalgono sul diritto comune ed acquistano una sfera di operatività più ampia rispetto a quella che è loro riservata nel sistema generale delle fonti del diritto⁽⁷⁶⁾.

In questo senso, una recente opera di sistemazione organica degli usi in materia di trasporto, con particolare riferimento alle raccolte provinciali pubblicate dalle Camere di Commercio, consente di compiere un interessante riferimento ad alcune pratiche consuetudinarie che incidono in maniera significativa soprattutto in ordine al regime normativo del contratto di trasporto di cose per vie navigabili⁽⁷⁷⁾. Infatti, accanto all'accertata sussistenza di alcune prassi consolidate che paiono sostanzialmente ricalcare le corrispondenti disposizioni codicistiche, è stata verificata l'esistenza di usi in materia di contratto di trasporto fluviale di merci, con particolare riguardo alla fase del perfezionamento del rapporto negoziale, alla fase dell'esecuzione degli obblighi delle parti ed alla valutazione della responsabilità dei contraenti conseguente all'eventuale inadempimento della prestazione.

Sotto il primo profilo, tra gli usi della Provincia di Ferrara si segnala, anzitutto, quello secondo cui il contratto di trasporto fluviale viene stipulato in forma scritta, attraverso singoli intermediari (agenti, spedizionieri, assuntori), ovvero direttamente con le organizzazioni ausiliarie (raggruppamenti o consorzi di piccoli imprenditori esercenti trasporti) costituite per la distribuzione dei noli agli associati.

Sotto il secondo profilo, numerose pratiche consuetudinarie accertate

⁽⁷⁶⁾ In relazione al disposto precettivo dell'art. 1 cod. nav., con particolare riferimento allo specifico regime degli usi in materia di navigazione ed alla rispettiva collocazione nel sistema delle fonti della materia speciale, oltre alle trattazioni manualistiche di LEFEBVRE D'OVIDIO, PESCATORE & TULLIO (1990), p. 63, e di QUERCI (1989), p. 26, si vedano, tra gli altri, in specie, DOMINÈD (1957), p. 104; GAFTA (1965), p. 194; BALLARINO & BUSTI (1988), pp. 34 e 166; CAMARDA (1988), p. 91; RIGHETTI (1987), p. 138.

⁽⁷⁷⁾ Per una ricognizione aggiornata degli usi nei trasporti per vie navigabili, si rinvia alla raccolta diretta da MAZZONI & SILINGARDI (1994), pp. 27 e 172; si veda anche, meno di recente, BALESTRIERI (1966), p. 9.

nelle province di Ferrara e Venezia attengono agli obblighi delle parti al momento della caricazione e della scaricazione, alla fase dello stivaggio e del distivaggio, alle modalità di consegna al vettore ed al luogo di riconsegna delle cose trasportate al destinatario, al rilascio ed al contenuto dei titoli rappresentativi delle merci, alle prestazioni accessorie alle quali possa essere tenuto il debitore della prestazione principale. Tra le altre, presentano un interesse specifico, anche in forza dell'esplicito richiamo all'esistenza di usi locali operato dagli artt. 444, comma primo e comma secondo, e 445, comma primo, cod. nav., le consuetudini che attengono alla decorrenza, alla durata ed al computo delle stallie; nonché, per effetto del rinvio agli usi compiuto dagli artt. 446, comma secondo, e 448, comma secondo, stesso codice, le pratiche consolidate che riguardano la decorrenza, la durata ed il computo delle controstallie. Alcuni usi particolari, inoltre, attengono alla puntuale determinazione delle modalità di calcolo e di pagamento del nolo da parte del mittente per il trasporto e del corrispettivo dovuto al caricatore per l'eventuale deposito delle merci trasportate; altre consuetudini riguardano, infine, l'imputazione delle altre spese conseguenti e dipendenti dall'attività di trasporto.

Sotto il secondo profilo, per quanto attiene alla responsabilità *ex recepto* del vettore fluviale di cose, numerose pratiche consuetudinarie delle medesime province individuano precisi parametri in forza delle quali è consentito valutare l'eventuale inadempimento da parte del debitore della prestazione principale all'obbligo di custodia delle merci; si tratta, in particolare, di usi che indicano dettagliatamente la tolleranza percentuale del calo naturale delle cose trasportate nell'ambito della navigazione interna. Pare interessante segnalare, infine, che è di consuetudine generale escludere pattiziamente la contribuzione alle avarie comuni, mediante la clausola «franche le parti di avaria reciproca»; secondo gli usi occorre, tuttavia, che la previsione risulti espressa nella polizza e sia notificata all'eventuale assicuratore.

7. Tutela dell'ambiente

L'evoluzione degli strumenti di protezione delle acque dall'inquinamento idrico e le recenti norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi

L'esercizio dell'attività di navigazione fluviale presenta, infine, alcune significative peculiarità con riferimento alla progressiva evoluzione degli interventi legislativi diretti ad introdurre una disciplina spe-

cifica per la protezione delle acque dall'inquinamento idrico e per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi.

Abbiamo avuto modo di soffermarci, infatti, sull'eterogenea molteplicità delle differenti possibili utilizzazioni che le acque pubbliche dei fiumi navigabili consentono di realizzare e sull'articolata complessità degli interessi pubblici e privati allo sfruttamento delle risorse che dagli stessi possono essere derivati. Accanto al tradizionale uso delle vie navigabili per l'esercizio dell'attività di trasporto fluviale, per lo svolgimento dei traffici commerciali e, più in generale, per lo sfruttamento delle risorse con finalità economica od industriale, sono venute affermandosi altrettanto pregnanti esigenze meritevoli di tutela secondo l'ordinamento giuridico per il miglioramento dell'assetto del territorio, per la preservazione del paesaggio (art. 9, comma secondo, Cost.), per la protezione della salute (art. 32 Cost.) e, soprattutto, per la salvaguardia dell'ambiente al quale fanno riferimento la normativa ed il movimento di idee relativi alla difesa dell'aria, del suolo e delle acque (artt. 9 e 32 Cost.)⁽⁷⁸⁾.

Se non è questa certamente la sede per operare anche soltanto un sommario tentativo di ricostruzione dei profili normativi di tutela delle acque interne, pare tuttavia necessario soffermarsi su alcuni aspetti che risultano strettamente legati all'esercizio dell'attività di navigazione fluviale: si tratta, in specie, dei problemi giuridici relativi alla responsabilità dell'armatore per inquinamento delle acque interne dei fiumi navigabili, alla predisposizione di un piano di risanamento e di tutela del bacino idrografico del Fiume Po ed alle recenti norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi.

In prospettiva di essenziale e necessitata sintesi, per quanto concerne il primo aspetto, come è ampiamente noto, il nucleo fondamentale del sistema legislativo di protezione delle acque dall'inquinamento è costituito dalle disposizioni introdotte con la legge 10 Maggio 1976, n. 319 (c.d. legge «Merli»), e sue successive modificazioni ed integrazioni, che ha per oggetto «la disciplina degli scarichi di qualsiasi tipo, pubblici e privati, diretti ed indiretti, in tutte le acque superficiali e sotterranee, interne e marine, sia pubbliche che private» (art. 1, comma primo, lett. a). Il modello di tutela è incentrato sulla previsione di un'unica disciplina degli scarichi per tutto il territorio nazionale, fonda-

⁽⁷⁸⁾ In materia, oltre ai fondamentali contributi di GIANNINI (1973), p. 23, di CAPACCIOLI & DAL PIAZ (1980), p. 257, e di PREDIERI (1981), p. 509, si vedano, in prospettiva di essenziale sintesi, anche per ulteriori necessità indicazioni bibliografiche, PERICU (1987), p. 189, nonché D'AMELIO (1988), p. 1.

ta sulla prescrizione per gli stessi di puntuali limiti di accettabilità specificati nelle allegate tabelle di riferimento (art. 9, comma primo); si prevede, in specie, che tutti gli scarichi debbano essere autorizzati dalle autorità competenti al controllo (art. 9, comma ottavo), secondo un sistema di ripartizione tra lo Stato, le Regioni e gli Enti territoriali delle corrispondenti funzioni amministrative.

In questo senso, la tendenza a definire un sistema organico di salvaguardia, per quanto più direttamente interessa l'inquinamento delle acque dei fiumi, determina che nel dilatato ambito di operatività della legge n. 319 del 1976 siano compresi anche gli scarichi di navi impiegate per l'esercizio della navigazione interna⁽⁷⁹⁾.

Alla disciplina generale in oggetto, inoltre, vengono ad affiancarsi altri strumenti di tutela, specifici della materia di navigazione. Per tutti, a titolo esemplificativo del complesso ordinamento della materia, pare opportuno richiamare in particolare la disciplina introdotta dalla Convenzione internazionale sulla responsabilità civile per danni da inquinamento da idrocarburi, adottata a Bruxelles il 29 Novembre 1969 (c.d. C.L.C. 1969), che si ritiene applicabile alle navi marittime (a norma dell'art. I, n. 1, «*"Ship"* means any sea-going vessel») con le quali sia esercitata attività di navigazione in acque interne⁽⁸⁰⁾. In specie, il proprietario della nave (a norma dell'art. III della Convenzione) è responsabile per i danni da inquinamento causati nel territorio dello Stato («on the territory including the territorial sea» secondo l'art. II) dalla fuoriuscita o dal versamento di idrocarburi da navi⁽⁸¹⁾.

A parte la considerazione del rilievo, in realtà assai modesto, che la fattispecie finisce per assumere concretamente in relazione all'attività di trasporto esercitata sul Fiume Po, il richiamo alla disciplina della Convenzione è comunque sintomatico della recente tendenza, che si riscontra soprattutto in letteratura, ad una progressiva estensione alla navigazione interna, in via diretta o in via di interpretazione analogica, del regime normativo proprio del settore marittimo — ad esempio, della disciplina del trasporto marittimo di merci pericolose, o delle norme per la difesa del mare di cui alla legge 31 Dicembre 1982, n. 979 — in prospettiva di tutela delle acque dei fiumi navigabili⁽⁸²⁾.

⁽⁷⁹⁾ Con particolare riferimento allo specifico legame che sussiste tra esigenze di protezione dell'ambiente e navigazione interna, nella dottrina più risalente, SANDIFORD (1962), p. 347; nella letteratura più recente, soprattutto, in un più ampio contesto di indagine, GRIGOLI (1993), p. 115.

⁽⁸⁰⁾ Si tratta di un rilievo formulato da BERLINGIERI (1990), p. 257.

⁽⁸¹⁾ A commento delle richiamate disposizioni di diritto uniforme si veda, per tutti in dottrina, COMENALE PINTO (1993).

⁽⁸²⁾ In ordine al particolare profilo segnalato, si veda quanto messo in rilievo da BERLINGIERI (1990), p. 260.

Per quanto attiene al secondo profilo, preme unicamente segnalare la recente legge 18 Maggio 1989, n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo, con la precipua finalità di «assicurare la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi» (art. 1) attraverso un'attività di pianificazione, di programmazione e di attuazione (art. 3) di interventi di tutela.

Ripartito il territorio nazionale in bacini idrografici e identificato, tra gli altri, quello del Fiume Po come bacino di rilievo nazionale (art. 14, comma primo, lett. a, n. 7), istituisce l'Autorità di bacino quale organo che opera in conformità agli obiettivi della legge stessa, considerando i bacini medesimi come ecosistemi unitari (art. 12, comma primo), e suddivide le nuove funzioni amministrative in materia assegnandole alla competenza dello Stato, delle Regioni, degli altri Enti locali e, per quanto maggiormente interessa, l'Autorità di bacino del Fiume Po, costituita con d.p.c.m. 10 Agosto 1989, con sede provvisoria presso il Magistrato delle acque (art. 12, comma decimo).

In questo contesto, ad integrazione dell'articolato quadro degli interventi più recenti, pare opportuno soltanto richiamare, in specie, la Deliberazione adottata il 18 Ottobre 1988 dalla Conferenza interregionale permanente per il risanamento e la tutela del bacino idrografico del Fiume Po, e le disposizioni introdotte con la legge 29 Novembre 1990, n. 380, che adotta «interventi per la realizzazione del sistema idroviario padano-veneto».

Da ultimo, in ordine al terzo profilo considerato, assume una valenza del tutto particolare la regolamentazione introdotta con la legge 5 Gennaio 1994, n. 37, recante «norme per la tutela delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche». Oltre ad apportare alcune disposizioni integrative della legge n. 183 del 1989, anche in relazione ai piani di bacino, lo strumento normativo del quale si tratta ha radicalmente modificato la disciplina degli artt. 942, 945, 946 e 947 cod. civ., accentuando la vocazione pubblicistica degli istituti in oggetto.

In particolare, secondo la nuova disciplina dell'art. 94, comma primo, cod. civ., i terreni abbandonati dalle acque correnti che insensibilmente si ritirano da una delle rive portandosi sull'altra (secondo un fenomeno generalmente indicato come «alluvione impropria»), appartengono al demanio pubblico ed il confinante della riva opposta non può reclamare il terreno perduto. Allo stesso modo, se un fiume od un torrente si forma un nuovo letto, abbandonando l'antico, secondo la nuova formulazione precettiva dell'art. 946 cod. civ., l'alveo abbandonato, anziché spettare

ai proprietari delle due rive, rimane assoggettato al regime proprio del demanio pubblico. A norma dell'art. 945, inoltre, tutti i casi in cui nel letto di fiumi o di torrenti vengano a formazione isole o unioni di terra, queste costituiranno beni pubblici demaniali, senza che possa essere eccettuato alcun caso. Infine, secondo il disposto dell'art. 947, comma terzo, cod. civ., come introdotto dall'art. 4 della legge n. 37 del 1994, è esclusa in ogni ipotesi la sdemanializzazione tacita dei beni del demanio idrico.

In conclusione, ancora una volta risultano confermati i legami essenziali che attraversano ed unificano il complesso ed articolato ordinamento della navigazione fluviale: da una parte, si evidenzia la stretta connessione tra elementi pubblicistici ed aspetti privatistici nella regolamentazione giuridica del sistema della navigazione interna; d'altra parte, viene in rilievo il nesso di condizionamento che intercorre tra la disciplina dell'attività di trasporto per via navigabile ed il regime dei fiumi come beni pubblici appartenenti al demanio dello Stato. Infine, emerge con chiarezza il vincolo che accomuna esigenze di protezione dell'ambiente fluviale e disciplina degli interessi pubblici e privati relativi alla navigazione interna; il tutto, in un quadro d'insieme che tende a delinearsi, ma che fatica a comporsi in maniera adeguata ed organica.

BIBLIOGRAFIA

- ACQUARONE L. (1970), *La concessione di porti e impianti portuali per il naviglio da diporto*, Dir. Mar., p. 221.
- ACQUARONE L. (1983), *Demanio marittimo e porti*, Dir. Mar., p. 81.
- ALESSI R. (1956), *Le prestazioni amministrative rese ai privati. Teoria generale*, Milano.
- AMOROSINO S. (1985), *Le funzioni del Piano Generale dei Trasporti ed il ricorso ad accordi organizzativi tra amministrazioni nella sua formazione ed attivazione*, Rass. Parl., p. 10.
- BAJNO R., COLUCCI M., RAMPULLA F.C. & ROBECCHI-MAJNARDI A. (1973), *Acque pubbliche interne ed usi: disciplina amministrativa e tutela penale*, Riv. Trim. Dir. Pubbl., p. 574.

- BAJNO R., RAMPULLA F.C. & ROBECCHI-MAJNARDI A. (1971), *Aspetti sostanziali organizzativi e penali della tutela giuridica dagli inquinamenti*, Riv. Dir. Min., p. 5.
- BALESTRIERI L. (1966), *Profilo storico degli usi commerciali della navigazione interna in Italia*, Venezia.
- BALLARINO T. & BUSTI S. (1988), *Manuale di diritto aeronautico e spaziale*, Milano, pp. 34 e 166.
- BARBERA A. & BASSANINI F. (a cura di) (1978), *I nuovi poteri delle Regioni e degli Enti locali. Commentario al decreto n. 616 di attuazione della legge 382*, Bologna.
- BARTOLE S., MASTRANTONIO F. & VANDELLI L. (1991), *Le autonomie territoriali. Ordinamento delle Regioni e degli Enti locali*, III ed., Bologna.
- BASSI L. (1968), *La programmazione: profili generali*, in: «I canali navigabili. Costruzione e gestione, Milano», p. 205.
- BENVENUTI F. (1955), *Diritto e interesse nell'utenza di un canale di navigazione*, Giur. It., I, c. 955.
- BENVENUTI F. (1961), *Il demanio fluviale*, Dir. Mar., p. 467.
- BENVENUTI F. (1965), *Il demanio marittimo tra presente e futuro*, Riv. Dir. Nav., I, p. 154.
- BENVENUTI F. (1968), *Le strutture: profili generali*, in: «I canali navigabili. Costruzione e gestione, Milano, 1968», p. 359.
- BENVENUTI F. (1969), *Navigazione e porti lacuali*, in: «Studi preliminari sulle leggi-cornice per le Regioni, Milano, 1969», p. 161.
- BERLINGIERI F. (1990), *Responsabilità dell'armatore e sua limitazione nella navigazione interna*, Dir. Mar., p. 257.
- BIONDI B. (1956), *I beni*, in: «Trattato di diritto civile italiano, diretto da F. VASSALLI, IV, 1, Torino, 1956», p. 166.
- CAIANIELLO V. (1961), voce: *Concessione amministrativa*, Enc. dir., VIII, Milano, p. 370.
- CAIANIELLO V. (1980), voce: *Concessioni (Diritto amministrativo)*, Noviss. Dig. It., App., II, Torino, p. 234.
- CAMARDA G. (1988), *Fonti e strutture organizzatorie nel diritto della navigazione*, Torino.
- CAMMEO F. (1893), voce: *Demanio*, Dig. It., IX, parte I, Torino, 1887-1898, p. 859.
- CAPACCIOLI E. & DAL PIAZ F. (1980), voce: *Ambiente (tutela dell')*. *Parte generale e diritto amministrativo*, Noviss. Dig. It., App., I, Torino, p. 257.

- CAPACCIOLI E. & SATTA F. (a cura di) (1980), *Commento al decreto 616 (d.p.r. 24 Luglio 1977 n. 616)*, Milano.
- CAPUTI JAMBRENGHI V. (1979), *Premesse per una teoria dell'uso dei beni pubblici*, Napoli.
- CAPUTI JAMBRENGHI V. (1987), voce: *Beni pubblici (uso dei)*, Dig. Pubbl., **II**, Torino, p. 304.
- CAPUTI JAMBRENGHI V. (1988), voce: *Beni pubblici*, Enc. Giur., **V**, Roma.
- CARBONE A. (1962), *I trasporti fluviali e per canali nell'ambito della Comunità Economica Europea - Norme che li disciplinano - Necessità di accelerare con la realizzazione di una politica comune il processo di armonizzazione di tali norme*, in: «Atti del I Congresso di diritto fluviale e della navigazione interna, tenutosi in Venezia, nei giorni 16-18 Ottobre 1961, Milano, 1962», p. 361.
- CARBONE S.M. (1983), *Il diritto marittimo in Italia al momento della sua codificazione e agli inizi degli anni '80*, Dir. Mar., p. 48.
- CASANOVA M. (1986), *Demanio marittimo e poteri locali*, Milano.
- CASSARINO S. (1962), *La destinazione dei beni degli Enti pubblici*, Milano.
- CASSESE S. (1962), *Enti con pluralità di funzioni e rapporti con lo Stato*, in: «I canali navigabili. Costruzione e gestione, Milano, 1968», p. 393.
- CASSESE S. (1969), *I beni pubblici. Circolazione e tutela*, Milano.
- CERULLI IRELLI V. (1983), *Proprietà pubblica e diritti collettivi*, Padova.
- CERULLI IRELLI V. (1987), voce: *Beni pubblici*, Dig. Pubbl., **II**, Torino, p. 273.
- COLACITO M. (1980), *Commento all'art. 97*, in: «E. CAPACCIOLI & F. SATTA (a cura di) (1980), *Commento al decreto 616 (d.p.r. 24 Luglio 1977 n. 616)*, Milano».
- COMENALE PINTO M.M. (1993), *La responsabilità per inquinamento da idrocarburi nel sistema della C.L.C. 1969*, Padova.
- CORBINO M.L. (1979), *Demanio marittimo e assetto del territorio*, in: «F.A. QUERCI (a cura di), *L'inquinamento del Mare Adriatico*, **II**, Padova», p. 1.
- CORBINO M.L. (1990), *Il demanio marittimo. Nuovi profili funzionali*, Milano.
- COSTANTINO M. (1975), *Sfruttamento delle acque e tutela giuridica*, Napoli.
- CRISAFULLI BUSCEMI S. (1939), voce: *Navigazione interna e fluitazione*, Nuovo Dig. It., **VIII**, Torino, p. 940.
- D'ALBERTI M. (1981), *Le concessioni amministrative*, Napoli.
- D'ALBERTI M. (1988), voce: *Concessioni amministrative*, Enc. Giur., **VII**, Roma.

- D'AMELIO P. (1988), voce: *Ambiente (tutela dell')*. *Diritto amministrativo*, Enc. Giur., **II**, Roma.
- D'AMICO CERVETTI A. (1983), *Demanio marittimo e assetto del territorio*, Milano.
- D'ANIELLO F. (1990), voce: *Navigazione marittima e interna (dir. nav.)*, Enc. Giur., **XX**, Roma.
- DOMINEDÒ F.M. (1957), *Principi del diritto della navigazione*, **I**, Padova.
- FERRADINI S. & ANNUZZI M. (1953), *Codice della navigazione marittima e interna*, Padova.
- FIORENTINO F. (1967), *Spunti sulla concessione amministrativa e sulla dichiarazione di pubblica utilità per la realizzazione di canali navigabili*, *Foro Amm.*, p. 122.
- FIORENTINO F. (1968), *Elementi di comparazione interna*, in: «I canali navigabili. Costruzione e gestione, Milano», p. 413.
- GAETA D. (1965), *Il demanio marittimo*, Milano.
- GAETA D. (1965), *Le fonti del diritto della navigazione*, Milano.
- GAETA D. (1966), *Le modifiche del rapporto di concessione di beni demaniali marittimi*, *Riv. Dir. Nav.*, **I**, p. 66.
- GAETA D. (1967), *Sui limiti della navigazione promiscua*, *Riv. Dir. Nav.*, **II**, p. 101.
- GAETA D. (1982), *Aspetti pubblicistici del diritto della navigazione*, *Trasporti*, n. 28, p. 35.
- GAETA D. (1993), *Del trasporto in generale*, *Dir. Trasp.*, p. 1.
- GAJA G. (1978), *Commento all'art. 6*, in: «A. BARBERA & F. BASSANINI (a cura di), I nuovi poteri delle regioni e degli enti locali. Commentario al decreto n. 616 di attuazione della legge 382», Bologna.
- GALATERIA L. (1943), *Il negozio di concessione amministrativa*, Milano.
- GARELLA F. (1985), *L'attuazione legislativa del Piano Generale dei Trasporti*, *Rass. Parl.*, p. 358.
- GASPARI P. (1968), *Il finanziamento: profili generali*, in: «I canali navigabili. Costruzione e gestione, Milano», p. 103.
- GERACI L. (1965), *Attribuzioni del Ministero dei lavori pubblici nella navigazione interna*, *Giust. Civ.*, **IV**, p. 239.
- GIANNINI M.S. (1963), *I beni pubblici*, Roma.
- GIANNINI M.S. (1973), *Ambiente: saggio sui diversi suoi aspetti giuridici*, *Riv. Trim. Dir. Pubbl.*, p. 15.

- GIZZI E. (1981), *Manuale di diritto regionale*, IV ed., Milano.
- GRAGNOLI E. (1991), *Prospettive di intervento comunitario nel traffico marittimo di cabotaggio*, in: «L. TULLIO (a cura di), *Il Piano generale dei trasporti. Prospettive di attuazione in Sardegna, Napoli*», p. 219.
- GRECO N. (1973), *Proprietà pubblica e gestione delle coste*, Roma.
- GRECO N. & GHELARDUCCI F. (1982), *I beni pubblici in Italia. Profili funzionali e problemi di gestione*, Bologna.
- GRECO N. & MURRONI B. (1980), *Demanio marittimo, zone costiere e assetto del territorio*, Bologna.
- GRIGOLI M. (1982), *Diritto della navigazione*, Torino.
- GRIGOLI M. (1993), *Il diritto della navigazione fra codificazione e decodificazione*, I, Napoli.
- GUICCIARDI E. (1934), *Il demanio*, Padova.
- GUICCIARDI E. (1962), *I provvedimenti per concessioni sul demanio marittimo*, Giur. It., 2, III, c. 33.
- GULLO F. (1965), *Provvedimento e contratto nelle concessioni amministrative*, Padova.
- LEFEBVRE D'OVIDIO A. (1960), voce: *Diritto marittimo*, Noviss. Dig. It., V, Torino, p. 942.
- LEFEBVRE D'OVIDIO A., PESCATORE G. & TULLIO L. (1990), *Manuale di diritto della navigazione*, VII ed., Milano.
- LONGOBARDI R. (1979), *La disciplina delle utilizzazioni dei beni del demanio marittimo. Notazioni a proposito di una ipotesi di ricerca*, in «F.A. QUERCI (a cura di), *L'inquinamento del mare Adriatico*, II, Padova», p. 251.
- MALLEN L. (1961), *Il demanio marittimo*, Dir. Mar., p. 3.
- MALLEN L. (1963), *Notazioni in tema di concessioni demaniali marittime*, Dir. Mar., p. 556.
- MARTINI G. (1969), *I beni pubblici destinati alle comunicazioni*, Milano.
- MAZZONI A. & SILINGARDI G. (a cura di) (1994), *Gli usi in materia di trasporto. Sistemazione organica e coordinata delle raccolte provinciali pubblicate dalle Camere di Commercio*, Torino.
- MERUSI F. (1968), *I rapporti fra gli enti idroviali e gli enti locali territoriali*, in: «*I canali navigabili. Costruzione e gestione*, Milano», p. 371.
- MERUSI F. (1985), *Il Piano Generale dei Trasporti fra Stato e Regioni*, Dir. Trasp., I/1990, p. 1.

- MEZZANOTTE C. (1985), *Strumentazione giuridica per il raggiungimento degli obiettivi del Piano Generale dei Trasporti*, in: «Il Piano Nazionale dei Trasporti, Milano», p. 50.
- NUOVO R. (1967), *Il testo unico sulla navigazione interna*, Cremona.
- NUOVO R. (1970), *Prospettive di riforma della legislazione in materia di navigazione interna*, Rass. Lav. Pubbl., p. 365.
- NUOVO R. (1973), *La navigazione interna e le Regioni a statuto ordinario*, Rass. Lav. Pubbl., p. 12.
- NUOVO R. (1975), *L'attuazione dell'ordinamento regionale nel settore della navigazione interna: problemi giuridici*, in: «Atti del Seminario di studi sull'attuazione dell'ordinamento regionale nel settore della navigazione interna, tenutosi in Venezia, il giorno 27 Ottobre 1975», Nav. interna, n. 4, p. 11.
- NUOVO R. (1977), voce: *Navigazione interna*, Enc. Dir., XXVII, Milano, p. 715.
- NUOVO R. (1985), voce: *Porto. Navigazione interna*, Enc. Dir., XXXIV, Milano, p. 409.
- PALADIN L. (1992), *Diritto regionale*, V ed., Padova.
- PALMA G. (1982), *I beni appartenenti allo Stato, agli enti pubblici e agli enti ecclesiastici*, in: «P. RESCIGNO (diretto da), Trattato di diritto privato, 7, Proprietà, Tomo primo, Torino», p. 77.
- PASINI G. & BALUCANI L. (1978), *I beni pubblici e relative concessioni*, Torino.
- PERICU G. (1987), voce: *Ambiente (tutela dell') nel diritto amministrativo*, Dig. Pubbl., I, Torino, p. 189.
- PESCATORE G. (1941), *Sulla disciplina del demanio marittimo*, in: «Studii per la codificazione del diritto della navigazione, III, Roma», p. 863.
- PESCATORE G. (1951), *Oggetto e limiti del diritto della navigazione*, Riv. Trim. Dir. Proc. Civ., p. 407.
- PESCATORE G. (1968), *Dei beni*, in: «G. PESCATORE, R. ALBANO & F. GRECO, Della proprietà»; in: «Commentario del Codice civile, Libro III, Tomo primo, Artt. 810-956, Torino», p. 87.
- PESCATORE G. (1982), *Diritto della navigazione*, in: «Cinquanta anni di esperienza giuridica in Italia, Milano», p. 133.
- POTOTSCHING U. (1964), *I servizi pubblici*, Padova.
- PREDIERI A. (1981), voce: *Paesaggio*, Enc. Dir., XXXI, Milano, p. 503.
- PUGLIESE F.P. & CANCRINI A. (1985), *Il Piano Generale dei Trasporti alla luce dell'attuazione degli interventi in esso previsti*, Rass. Parl., p. 25.
- PUGLIATTI S. (1959), voce: *Beni. Teoria generale*, Enc. Dir., V, Milano, p. 164.

- PUGLIATTI S. (1962), *Beni e cose in senso giuridico*, Milano.
- PUGLIATTI S. (1964), *La proprietà e le proprietà*, in: «La proprietà del nuovo diritto, Milano», p. 145.
- QUERCI F.A. (1962), *Note sui procedimenti per concessioni sul demanio marittimo*, Riv. Dir. Nav., I, p. 308.
- QUERCI F.A. (1964), voce: *Demanio marittimo*, Enc. Dir., XII, Milano, p. 92.
- QUERCI F.A. (1965), voce: *Navigazione interna*, Noviss. Dig. It., Torino, p. 119.
- QUERCI F.A. (1965), voce: *Navigazione promiscua*, Noviss. Dig. It., XI, Torino, p. 135.
- QUERCI F.A. (1972), *Il lavoro portuale*, Milano.
- QUERCI F.A. (1975), *Diritto della navigazione: tendenza di sviluppo e tematiche dottrinali*, Trasporti, 5, p. 3.
- QUERCI F.A. (1979), *L'inquinamento del mare Adriatico*, II, Padova.
- QUERCI F.A. (1983), *Aspetti funzionali delle infrastrutture turistico-portuali*, in: «F.A. QUERCI (a cura di), Nuovi profili funzionali dell'attività marittima, Padova», p. 85.
- QUERCI F.A. (1984), voce: *Navigazione interna*, Noviss. Dig. It. App., V, Torino, p. 222.
- QUERCI F.A. (1989), *Diritto della navigazione*, Padova.
- RAMPULLA F.C. (1978), *Commento all'art. 97*, in: «A. BARBERA & F. BASSANINI (a cura di), I nuovi poteri delle Regioni e degli Enti locali. Commentario al decreto n. 616 di attuazione della legge 382», Bologna.
- RAMPULLA F.C. (1978), *Commento all'art. 98*, in: «A. BARBERA & F. BASSANINI (a cura di), I nuovi poteri delle Regioni e degli Enti locali. Commentario al decreto n. 616 di attuazione della legge 382», Bologna.
- RANELLETTI O. (1894), *Concetto e natura delle concessioni amministrative*, Giur. It., IV, c. 7.
- RANELLETTI O. (1987), *Concetto, natura e limiti del demanio pubblico*, Giur. It., IV, c. 325.
- RAVENNA D. (1985), *Rapporto tra Stato ed autonomie territoriali nella pianificazione di trasporti*, Rass. Par., p. 389.
- RESTA R. (1976), *Dei beni appartenenti allo Stato, agli Enti pubblici e agli Enti ecclesiastici*, rielaborazione ed aggiornamento a cura di P. JARICCI, in: «A. SCIALOJA & G. BRANCA (a cura di), Commentario del codice civile, Libro Terzo, Della proprietà, Art. 810-956, a commento degli artt. 822 e 823, Bologna-Roma, 1976», p. 68.

- RIGHETTI G. (1987), *Trattato di diritto marittimo*, I, 1, Milano.
- ROMANELLI G. (1968), *Elementi di comparazione internazionale*, in: «I canali navigabili. Costruzione e gestione, Milano», p. 429.
- ROMANELLI G. (1975), *Diritto aereo, diritto della navigazione e diritto dei trasporti*, Riv. Trim. Dir. Proc. Civ., p. 1331.
- ROMANELLI G. (1976), *Competenze comunitarie, statali e regionali in materia di navigazione interna*, Trasporti, 10, p. 35.
- ROMANELLI G. (1979), *Navigazione interna ed utilizzo turistico del demanio fluvio-lacuale*, Porti Mare Territorio, n. 2, p. 3.
- ROMANELLI G. (1993), *Riflessioni sulla disciplina del contratto di trasporto e sul diritto dei trasporti*, Dir. Trasp., p. 295.
- ROMANELLI G. & COMENALE PINTO M.M. (1984), *La tendenza a distinguere nell'ambito dell'attuale demanio marittimo i beni necessari ai trasporti marittimi dai beni con diversa destinazione*, Arch. Giur., p. 601.
- ROMANELLI G. (1991), *Problemi giuridici attuali del traffico marittimo di cabotaggio*, in: «L. TULLIO (a cura di), Il Piano Generale dei Trasporti. Prospettive di attuazione in Sardegna, Napoli», 33.
- ROMANO S. (1937), *Corso di diritto amministrativo*, III ed., Padova.
- ROSSI G. (1942), *Il testo unico della navigazione interna in rapporto al codice della navigazione*, Riv. Dir. Nav., I, p. 277.
- SACCHI MORSIANI G. (1968), *La programmazione nel settore portuale*, in: «I canali navigabili. Costruzione e gestione, Milano», p. 239.
- SANDIFORD R. (1962), *Le convenzioni e problemi internazionali in materia di navigazione fluviale*, in: «Atti del I Congresso di diritto fluviale e della navigazione interna, tenutosi in Venezia, nei giorni 16-18 Ottobre 1961, Milano», p. 339.
- SANDIFORD R. (1962), *I problemi giuridici delle polluzioni delle acque interne*, in: «Atti del I Congresso di diritto fluviale e della navigazione interna, tenutosi in Venezia, nei giorni 16-18 Ottobre 1961, Milano», p. 347.
- SANDULLI A.M. (1959), voce: *Beni pubblici*; Enc. Dir., V, Milano, p. 277.
- SANDULLI A.M. (1989), *Manuale di diritto amministrativo*, XV ed., a cura di M.A. SANDULLI, Napoli.
- SANVITI G. (1980), *Commento all'art. 98*, in: «E. CAPACCIOLI & F. SATTA (a cura di), Commento al decreto 616 (d.p.r. 24 Luglio 1977 n. 616), Milano».
- SARFATTI G. (1963), *La situazione giuridica della navigazione interna in Italia*, I, *Leggi regolatrici e principi informativi della navigazione interna*, Cremona.

- SCIALOJA A. (1943), *Corso di diritto della navigazione*, **I**, Roma.
- SCIALOJA A. (1922), *Sistema del diritto della navigazione*, Roma.
- SILINGARDI G. (1984), *Attività di trasporto aereo e controlli pubblici*, Padova.
- SILVESTRI E. (1950), *Natura giuridica dei diritti nascenti dalle concessioni amministrative di beni demaniali*, Milano.
- SILVESTRI E. (1961), voce: *Concessione amministrativa*, Enc. Dir., **VIII**, Milano, p. 370.
- SORACE D. & MARZUOLI C. (1989), voce: *Concessioni amministrative*, Dig. Pubbl., **III**, Torino, p. 282.
- SPASIANO E. (1961), *Oggetto ed integrazione del diritto della navigazione*, Riv. Dir. Nav., p. 43.
- TALICE C. (1985), *Individuazione della natura giuridica e del contenuto del Piano Generale dei Trasporti*, Rass. Parl., p. 336.
- TOSATO G. (1980), *Commento all'art. 6*, in: «E. CAPACCIOLI & F. SATTA (a cura di), *Commento al decreto 616 (d.p.r. 24 Luglio 1977 n. 616)*, Milano».
- TRANQUILLI LEALI R. (1991), *Aspetti giuridici della portualità turistica*, Cassino.
- TULLIO L. (a cura di) (1991), *Il Piano generale dei trasporti. Prospettive di attuazione in Sardegna*, Napoli.
- VALLARIO V. (1977), *Il demanio marittimo*, Milano.
- VIGNOCCHI G. (1968), *La costruzione: profili generali*, in: «I canali navigabili. Costruzione e gestione, Milano», p. 3.
- VITTA C. (1959), voce: *Concessioni (Diritto amministrativo)*, Noviss. Dig. It., **III**, Torino, p. 919.
- VORANO M. (1975), *L'attuazione dell'ordinamento regionale nel settore della navigazione interna: aspetti urbanistico-territoriali*, in: «Atti del Seminario di studi sull'attuazione dell'ordinamento regionale nel settore della navigazione interna, tenutosi in Venezia, il giorno 27 Ottobre 1975», Nav. interna, **4**, p. 21.
- ZANOBINI G. (1958), *Corso di diritto amministrativo*, **IV**, I mezzi dell'azione amministrativa, **V** ed., Milano.
- ZUNARELLI S., *Competenze statali e regionali in materia di utilizzazione del demanio marittimo e fluvio-lacuale a fini turistico-ricreativi*, Arch. Giur., p. 567.

Il contributo della cartografia tematica computerizzata per lo studio, la rappresentazione e l'analisi della fascia fluviale del Po

Renzo ROVARIS^(*)

Abstract

Representing the territory

Cartography is the best means by which to represent territory because it offers specific scientific requirements. Computer science, together with the technological and cultural changes that it implies, has deeply influenced people's consideration of the use of cartography. It has also influenced the disciplines which utilize cartographic models of reality (e.g. for planning, land-use studies, urban planning, etc.). New techniques for processing information allow us to categorize territory as unifying those elements which represent different activities resulting from natural or man-made changes.

There is a growing acceptance nowadays in Public Administration of the need to invest in the modelling of territory in order to improve the knowledge of the territory and the ability to plan and manage resources better.

The local Piedmont Government has invested heavily in creating a Territory and Environmental Information System (SITA) which uses computerized thematic cartography and GIS in order to operate and manage territorial planning.

The River Po Plain

The River Po plain plays a strategic role at both national and regional levels. It offers common ground for the pooling of knowledge, territorial models and information produced by different public bodies. Different plans, which are all integrated into the regional Territory and Environmental Information System, have facilitated the following: territorial and environmental knowledge of the River Po plain; data updating by means of specific monitoring systems; connection of authorities and managers of activities within the area; support to decision-makers and to sector or general planning functions in the area; finally, publication and distribution of the gathered data.

Territory planning for the River Po Plain

Through the many initiatives which were undertaken in conjunction with the local Piedmont Administration during the '80s for the

^(*) direttore del CSI-Piemonte.

reclamation and improvement of the River Po plain, CSI-Piemonte contributed to the creation and managing of a «territory model» bound to the implementation of the Territory Operational Project. The River Po plain data were organized in a Geographic Information System (GIS) which, besides storing territory and environmental information, allows the association and reprocessing of individual items of data in order to obtain new information.

The Regional Natural Resources Information System

The Regional Natural Resources Information System (SINR) is the fundamental component of the Regional Information System. It was created in the '80s with the aim of gathering and managing information concerning protected areas or areas which have distinctive features from a natural resource or environmental point of view. The SINR is divided into two interconnected parts: a cartographic part and a different part which is resident in a data bank. Both parts are based on the georeference of all the elements and on the interrelation between geometrical components and their attributes. All natural resource data banks achieve the gathering, cataloguing, updating and supply of various types of data, and allow access to natural resource data.

Computer based management of the Regional Fishing Map

CSI-Piemonte's technology support initiatives include the indexing of the Regional Fishing Map concerning the Piedmont Region. Drawn between 1988 and 1990, the Regional Fishing Map is a tool in the active management of the region's inland waters. The Map provides information on the quality of waters and on their potential fishing utilization. All data in the Fishing Map are particularly useful for environmental analysis, and are used in order to better understand the territory. Data are also used to evaluate renewable resources for research and applications (planning tools, land-use laws, environmental reclamation projects, etc.).

Soil use - Remote sensing and soil survey

From a technological point of view, the interpretation of images derived from remote sensing is undoubtedly one of the most innovative activities performed at CSI-Piemonte (multicromatic SPOT satellite and LANDSAT 5 Thematic Mapper).

Soil coverage is determined by selecting different classes and photointerpreting the images. These images are compared (multitime analysis), and finally, thematic information is superimposed which comes from the Territory and Environmental Information System or from IGMi cartography (Italian Geographical Military Institute).

In addition, a survey is being presently carried out concerning territory vegetation and soil use in the protected areas of the River Po plain.

Distribution and promotion of territory, environmental, and natural resource information

Any information system aims at promoting and making the gathered, processed, and systemized data easily accessible to non-specialist users. Such information must be userfriendly for both

professionals (public administrators, scholars, researchers, etc.) and for private citizens. With this objective in mind, a special PC tool has been implemented in order to support the spread of information within the public domain (e.g. students).

The hypertext system structure above is divided into didactic units which are easily accessible by non computer-specialist users.

Rappresentazioni del territorio

L'immagine, nelle sue varie forme, ha assunto nella nostra cultura un ruolo predominante come veicolo di comunicazione di informazione e conoscenza.

Chi abbia la necessità di descrivere efficacemente un particolare aspetto della realtà, nelle sue forme spaziali, ha oggi a disposizione molti strumenti. Molte realtà geografiche, territoriali, urbanistiche, storico-artistiche sono conosciute dai più attraverso filmati, documentari, servizi fotografici: tutte immagini che molto efficacemente le rappresentano e ci informano, anche in modo emozionale, sulle specificità di particolari contesti ambientali. Tuttavia fra le rappresentazioni del territorio quella maggiormente significativa per le sue caratteristiche di generalità e scientificità è la cartografia.

L'obiettivo di formare con la cartografia un modello della realtà è comune alle diverse «epoche» storiche ed alle «tecnologie» disponibili; su questo modello l'operatore, il tecnico, il decisore interviene per proporre interventi e trasformazioni del territorio, per documentarli.

Gli interventi di «bonifica», di canalizzazione «irrigua», di modifica, anche strutturale del paesaggio agrario (SERENI, 1984) erano progettati e presentati utilizzando come modello una cartografia «essenziale, simbolica, descrittiva, finalizzata, all'uso». L'accessibilità (spesso soprattutto militare) al territorio era garantita da modelli del territorio, spesso segreti, in grado di descrivere minuziosamente percorsi, punti di riferimento, accessi, barriere fisiche e morfologiche...

L'informatica, le modificazioni tecnologiche e culturali a essa connesse, ha quindi rivoluzionato profondamente il modo di intendere la cartografia e le discipline che utilizzavano un «modello cartografico» della realtà (la progettazione, lo studio del paesaggio, l'urbanistica, ...). Le nuove tecniche di trattamento dell'informazione consentono di vedere effettivamente il territorio come «categoria unificante» (IMBESI, 1978, «Premessa») delle diverse attività di trasformazione naturale e antropica che vi si svolgono.

Ad ogni elemento territoriale, espresso con modalità informatiche, possono corrispondere insiemi di informazioni che lo descrivono e lo

qualificano molto più estesi di quelli esprimibili graficamente in una rappresentazione tradizionale. La stessa posizione di un elemento territoriale di tipo spaziale con altri elementi diventano esplicite informazioni: la distanza di un elemento da un altro, gli elementi coinvolti in una fascia di influenza, l'inclusione di un oggetto in un altro, l'adiacenza con altri elementi, sono «funzioni» implicite nella gestione informatica della cartografia e aumentano di molto l'utilizzabilità ed il valore informativo «aggiunto» rispetto alla cartografia tradizionale.

Le attività che si confrontano con il territorio, sia per scopi scientifici e conoscitivi che di progetto e pianificazione, sono state caratterizzate da una progressiva evoluzione parallela allo sviluppo dell'urbanizzazione. Di conseguenza le informazioni delle quali si richiede di conoscere anche la localizzazione e la distribuzione sono notevolmente aumentate e gli utilizzatori avanzano specifiche e circostanziate richieste per la loro rappresentazione e correlazione.

Ciò è vero in particolar modo nei territori caratterizzati da un'alta densità demografica e da un intenso utilizzo delle risorse territoriali e ambientali, quale è la fascia del Po, dove si addensano i fattori legati alle trasformazioni antropiche e la carenza di una conoscenza adeguata dei fenomeni ha sempre, come riflesso, costi sociali molto elevati.

In questo quadro è molto difficile discernere il rapporto fra domanda ed offerta: ovvero se sia l'effettiva domanda di strumenti a convogliare la ricerca verso soluzioni adeguate oppure sia il *business* legato allo sviluppo dell'informatica che induca in modo un po' forzoso all'utilizzo delle nuove (a volte costose) strumentazioni. Probabilmente le regole del mercato e dell'incontro fra domanda ed offerta sono quelle che riescono, di fatto, a far convergere entrambi gli interessi e i risultati ottenuti testimoniano l'opportunità e l'irreversibilità della scelta informatica per il trattamento dei dati territoriali.

Sta quindi maturando, anche nella Pubblica Amministrazione la necessità di investire nel «modello del territorio», con lo scopo di meglio conoscere, progettare e decidere. In particolare la Regione Piemonte ha affrontato notevoli investimenti tesi a costituire un sistema organizzato ed aggiornabile della conoscenza territoriale ed ambientale, che ha nella cartografia tematica computerizzata e nei GIS uno strumento operativo di gestione e programmazione.

Il Sistema informativo territoriale della Regione (SITA) si configura oggi come:

- un insieme strutturato di informazioni sul territorio che hanno costituito una prima base di dati minima indispensabile per far funzionare il Sistema: nell'arco di poco più di un decennio sono state prodotte, numerizzate e continuamente integrate ed aggiornate le

informazioni topografiche di base ed una serie di tematiche fondamentali per una prima conoscenza del territorio (capacità d'uso dei suoli, vincoli ambientali, soprassuolo forestale ed altri usi del suolo, beni culturali, architettonici urbanistici ed archeologici). A queste si sono aggiunte via via le informazioni derivate da processi di sintesi e di selezione dai sistemi di gestione e pianificazione settoriale;

- un insieme di strumenti disponibili per la pianificazione di settore, per la pianificazione territoriale, per le attività di indirizzo e gestione degli interventi. Un insieme capace di integrare informazioni di diversa natura (socio-economiche, censuarie, catastali, gestionali, geografiche, ecc.), rendendone possibile la consultazione attraverso vari sistemi di accesso che consentono interrogazioni semplici e complesse, quali analisi territoriali, derivazioni, ecc.;
- un insieme di strumenti finalizzati alla produzione di nuove informazioni attraverso l'utilizzo di nuove tecniche, quali il telerilevamento (qui si intende soprattutto quello da satellite Landsat T.M. e Spot) ed i processi di trattamento dell'immagine. Alcune di queste tecniche sono ormai ampiamente utilizzate per produrre, ad esempio, la carta del soprassuolo a diverse scale ed a diversi livelli di approfondimento, mentre per la gestione di cartografia di base e di ortofotocarte è ancora in fase sperimentale;
- un insieme di competenze (non solo di tipo informatico) dedicate alla gestione complessiva del Sistema: dal caricamento dei dati, alla validazione, dalla manutenzione del software alla produzione di nuovi sviluppi, dalla creazione di nuove basi di dati alla manutenzione delle stesse, dalla produzione di dati alla gestione del servizio di distribuzione all'utenza, dalla formazione all'assistenza utenti, ecc. Il loro compito è gestire la base di dati, gli strumenti generali e sperimentali e sovrintendere al complessivo funzionamento del sistema.

Nel S.I.T.A. vengono integrate informazioni georeferenziate provenienti da diversi sistemi di gestione. Sono gli stessi settori regionali che producono ed aggiornano, attraverso procedure di gestione e pianificazione la maggior parte della base di dati tematici del S.I.T.A. Questa base di dati viene gestita in modo centralizzato, una volta collaudata e resa congruente dal punto di vista logico e geometrico con il resto degli archivi di dati tematici.

Alcuni esempi di attività che producono o si stanno orientando a produrre dati georeferenzati sono:

- formazione e gestione dei piani dei parchi (piani naturalistici, piani d'area, piani di assestamento forestale);

- formazione del piano dei trasporti e gestione del grafo della rete dei trasporti;
- formazione dei piani territoriali e dei piani paesistici;
- formazione e gestione dei piani estrattivi;
- gestione urbanistica e indirizzi per la pianificazione urbanistica locale;
- controllo e prevenzione del dissesto idrogeologico, meteorologico e sismico;
- programmazione agricola e statistica agraria;
- piano per la prevenzione degli incendi boschivi;
- azioni di indirizzo in materiale ambientale, autorizzazioni e gestione di interventi (catasto rifiuti, catasto utenze idriche, catasto scarichi, ecc.);
- relazione sullo stato dell'ambiente;
- pianificazione e gestione delle risorse idriche.

La fascia fluviale del Po

La fascia fluviale del Po costituisce un ambito strategico nel contesto sia nazionale che regionale su cui si confrontano e accumulano oramai «offerte» di conoscenza, modelli di territorio, informazioni territoriali (anche incongruenti e contraddittorie) prodotte da enti diversi (Ministero dell'Ambiente, Ministero dell'Agricoltura, Ministero ai LL.PP., Autorità di Bacino, Regioni, ...).

Diversi progetti, integrati nel sistema informativo territoriale e ambientale regionale, hanno consentito di:

- costruire la conoscenza del territorio e dell'ambiente della fascia fluviale del Po;
- aggiornare tale conoscenza attraverso «specifici sistemi di monitoraggio»;
- collegare la conoscenza ai processi autorizzativi e gestionali attivati nell'area (piani regolatori, cave, beni culturali e ambientali, infrastrutture, ecc.);
- contribuire a supportare i processi decisionali e gli strumenti di pianificazione settoriale e generale dell'area (piano naturalistico, piani cave, P.T.O., ...);
- pubblicizzare e rendere fruibili dati ed informazioni relative all'area alla diversa utenza (il cittadino, il turista, lo «studioso», ecc.).

Nelle pagine che seguono saranno sinteticamente illustrati i principali risultati raggiunti.

La programmazione territoriale della fascia fluviale del Po

Nel corso degli anni '80, tramite i propri strumenti normativi, la Regione Piemonte intraprende un passo decisivo verso il risanamento e la valorizzazione del Po e della sua fascia fluviale. Questa viene infatti inserita all'interno dell'elenco regionale delle aree protette e ne viene deciso lo studio accurato delle componenti territoriali ed ambientali tramite Progetto Territoriale Operativo (PTO), quale strumento, previsto dalla normativa vigente, più idoneo alla pianificazione ed alla tutela di un'area soggetta a continue modifiche naturali e soprattutto antropiche.

Il CSI-Piemonte ha operato nell'ambito del suo ruolo istituzionale per supportare, costruire e gestire il «modello del territorio» necessario alla formazione del piano: sono state raccolte e organizzate in un sistema informativo geografico le diverse analisi di tipo naturalistico-vegetazionale ed agricolo, l'analisi del fiume e i dati relativi a prelievi ed immissioni, i beni storico-culturali legati al corso d'acqua ed alla civiltà che vi si è sviluppata sulle sponde nel corso dei secoli, ecc. Sono state inoltre acquisite, per la pubblicazione del piano e la sua successiva gestione, le informazioni normative (aree di piano e norme).

Il complesso delle informazioni prodotte sull'area fluviale viene organizzato in un GIS (Geographic Information System). I sistemi informativi geografici permettono non solo di memorizzare i dati territoriali ed ambientali ma, soprattutto, dalla composizione di dati semplici, di elaborarli e di ricavarne nuove informazioni. La realtà naturale viene interpretata nei GIS come una sovrapposizione di più «livelli informativi» quali possono essere la viabilità, l'idrografia, la presenza di diversi tipi di uso del suolo (edificato, agricolo, forestale, industriale, ecc.).

Un ulteriore grado informativo viene fornito dagli attributi qualitativi e quantitativi associati o associabili ad ogni entità. Gli stessi elementi possiedono infatti, oltre ai valori geometrici di lunghezza, larghezza, superficie, ecc., un significato dipendente dagli attributi associati come possono essere la portata media annua per quanto riguarda un corso d'acqua o la densità abitativa per un'area edificata o ancora l'elenco di macroinvertebrati acquatici trovato in un punto del fiume, ecc.

Il Sistema Informativo Naturalistico Regionale

Componente fondamentale del Sistema Informativo Regionale è il SINR (Sistema Informativo Naturalistico Regionale) nato negli anni '80 per raccogliere e gestire le informazioni relative alle zone protette e a

quelle aree regionali che presentano comunque caratteri distintivi dal punto di vista naturalistico-ambientale tali da poter essere prese in considerazione.

Il SINR è suddiviso in una parte cartografica e in una parte residente su banche dati. Queste due parti sono strettamente correlate proprio grazie alle caratteristiche di un GIS: la georeferenziazione di tutti gli elementi e la relazione tra le diverse componenti geometriche ed i loro attributi.

La cartografia automatica del SINR si è nel tempo formata tramite l'acquisizione numerica dei piani naturalistici e dei confini di legge delle diverse aree protette regionali, comprese le aree presenti nell'area fluviale del Po.

Il complesso delle banche dati naturalistiche (floristico vegetazionale, zone umide, ornitologica, ittologica e dei macroinvertebrati acquatici, teriologica, speleologica) è stato invece realizzato per la raccolta, la catalogazione, l'aggiornamento, la consultazione e la fornitura di dati naturalistici di diverso tipo. Esse sono quindi utili all'accesso ed alla consultazione delle informazioni a diversi livelli di aggregazione (dati disaggregati, tabelle semplici o di incrocio), e sono interfacciabili a strumenti per l'analisi territoriale e statistica ed a strumenti di supporto alla pianificazione per la derivazione dei temi di base in carte di piano, per la cartografia tematica, per la produzione di bilanci per unità territoriali, attività utili alla valutazione di impatto ambientale, all'individuazione di aree sensibili dal punto di vista ambientale, alla redazione di piani territoriali, di progetti territoriali operativi quale quello appunto del Po, di piani regolatori generali comunali, ecc.).

Esse sono inoltre organizzate secondo criteri omogenei, che vedono la suddivisione delle informazioni in due strutture principali: dati generali relativi alle specie e dati particolareggiati relativi ai singoli avvistamenti effettuati.

Le informazioni relative alle specie sono di ordine morfologico, corologico, ecologico, ecc., mentre quelle sui rilievi riportano i dati della localizzazione geografica, caratteristiche ambientali del sito, data del rilevamento, ecc.

La gestione informatizzata della carta ittica regionale

Nell'ambito delle iniziative di supporto tecnologico prestato dal CSI-Piemonte vi è la numerizzazione della carta ittica relativa al territorio della regione piemontese.

La carta ittica, redatta tra il 1988 ed il 1990, per conto dell'Asses-

sorato Caccia e Pesca della Regione Piemonte, sotto la direzione ed il coordinamento del Dipartimento di Produzioni Animali, Epidemiologia ed Ecologia e del Dipartimento di Biologia Animale dell'Università di Torino, è uno strumento di conoscenza per la gestione attiva delle acque interne della regione.

Attraverso rilievi qualitativi e quantitativi del popolamento ittico e dei macroinvertebrati, nonché delle caratteristiche morfometriche ed idrologiche del bacino sotteso, il lavoro fornisce indicazioni sulla qualità delle acque e sulla loro produttività ittiogenica.

Tali dati associati e confrontati con quelli chimico-fisici consentono di definire programmi di risanamento dei corsi d'acqua e di gestione del patrimonio ittico.

Tutti i dati contenuti nella carta ittica sono stati inseriti nella Banca Dati Ittiologica e dei Macroinvertebrati acquatici, strumento di archiviazione, di standardizzazione e di ordinamento dei dati ittici e biologici delle acque, particolarmente utile, nel caso della fascia fluviale del Po, all'analisi ambientale ai fini della conoscenza del territorio e della valutazione delle risorse rinnovabili, sia a scopi di ricerca, sia applicativi (strumenti di pianificazione, norme di tutela, progetti di recupero ambientale, ecc.).

Tramite la BDITT le segnalazioni relative al passato meno recente possono essere validamente utilizzate in indagini di vario tipo, prima fra tutte la ricostruzione della distribuzione storica dei taxa ittici nel fiume e nei suoi affluenti ed il conseguente confronto con quella attuale. Da tale comparazione si possono evidenziare le variazioni degli areali delle specie nella fascia fluviale e le cause che le hanno determinate. Tutti i punti di prelievo ittico e dei macroinvertebrati nel Po, con i relativi dati associati, sono stati individuati sulla cartografia IGM ed in seguito acquisiti numericamente.

I dati biologici ed ittiologici nella carta ittica sono quindi entrati a far parte del SITA e possono essere restituiti cartograficamente associati ad altre informazioni ivi presenti come l'idrografia, i confini amministrativi, i centri abitati, le aree protette, gli usi del suolo, la capacità d'uso del suolo, la litologia, le aree vincolate, i beni ambientali, ecc.

In occasione del Convegno «Le carte ittiche - Esperienze, metodi e risultati» tenutosi a Torino il 21 Gennaio 1993, il CSI-Piemonte ha elaborato, prodotto ed esposto le carte di distribuzione delle specie ittiche rilevate nella rete fluviale piemontese, sulla base dei dati inseriti nella BDITT e delle informazioni presenti nel SITA.

Uso suolo - Telerilevamento e rilievo su terreno

Una delle attività, effettuate presso il CSI-Piemonte, che adotta tecniche più innovative per l'approfondimento e per l'aggiornamento delle mappe tematiche (uso del suolo, viabilità, idrografia, ecc.) della fascia fluviale del Po è l'interpretazione di immagini derivate da telerilevamento.

Le riprese sono dei satelliti Spot pancromatico (altitudine di ripresa 832 km e risoluzione 10 m) e Landsat 5 Thematic Mapper (altitudine di ripresa 705 km e risoluzione 30 m): la copertura del suolo viene determinata individuando le varie classi fotointerpretando direttamente le immagini sia confrontandole tra loro (analisi multitemporale) sia sovrapponendovi le informazioni tematiche contenute nel SITA o le informazioni relative alla cartografia IGM.

Il riconoscimento delle classi, oltre che per le forme, avviene tramite lo studio della quantità di energia riflessa dal suolo e registrata dai satelliti tramite una serie di parametri statistici: i valori ottenuti vengono poi analizzati, rielaborati e riapplicati alle immagini per individuare automaticamente, per mezzo di estrapolazioni, la copertura del suolo su tutte le aree studiate.

È stata realizzata una serie di carte tematiche alla scala 1:25 000, esposte alla mostra.

La carta della copertura del suolo della fascia fluviale del Po è stata realizzata utilizzando una serie di tecniche di Image processing per la creazione sia di immagini utilizzabili per fotointerpretare direttamente alcuni temi, sia per la creazione di altre immagini da cui estrarre con elaborazioni di tipo statistico altri temi non in altro modo distinguibili.

La carta della copertura del suolo comprende 17 classi:

- aree urbane e fabbricati isolati
- aree industriali e commerciali esterne al tessuto urbano
- parchi urbani e giardini pubblici
- aree soggette ad attività estrattiva
- prati stabili e temporanei
- mais
- risaie
- coltivi in rotazione
- colture protette
- frutteti e vigneti
- pioppeti
- bosco misto di latifoglie
- boscaglie ripariali, vegetazione palustre, arbusteti ed incolti
- greti ed aree sterili

- acque superficiali
- orti urbani
- zone eterogenee (compresenza di piccoli appezzamenti coltivati ed aree naturali).

La definizione della nomenclatura è stata concordata lavorando insieme ai referenti regionali (per esempio era importante capire dove erano presenti alcune colture specialistiche quali le risaie). È da sottolineare, inoltre, che le immagini utilizzate erano del 1991, quindi le informazioni estratte risultavano molto più aggiornate rispetto a cartografie preesistenti.

Parallelamente è stata svolta ed è tuttora in corso un'attività di rilevamento sul territorio della vegetazione e degli altri usi del suolo delle aree protette, riserve ed altro, della fascia fluviale del Po. I dati raccolti (mappe tematiche dettagliate dell'uso attuale del suolo a scala 1:10 000) vengono man mano inseriti all'interno del Sistema Informativo Naturalistico Regionale (SINR) dove già risiedono i dati della numerizzazione di alcuni Piani Naturalistici delle Aree protette regionali istituite.

Distribuzione e pubblicizzazione di informazioni territoriali/ambientali/naturalistiche

Tra gli obiettivi di un sistema informativo c'è quello di rendere pubbliche e fruibili ad un'utenza diversificata le informazioni raccolte, riprodotte e riorganizzate.

Tali informazioni devono poter essere utilizzate sia dagli addetti ai lavori (funzionari, tecnici della pubblica amministrazione, studiosi dei musei, delle università e dei politecnici) sia da parte di cittadini privati, turisti etc.

È stato quindi realizzato uno strumento su personal computer di taglio informativo non esclusivamente scientifico — tecnico ma anche scientifico — divulgativo, che prevede perciò una diffusione delle informazioni anche presso diverse fasce di popolazione, fra cui quella di età scolastica.

Nell'ambito della sezione didattica del servizio regionale Promozione Parchi Naturali presso la Cascina «le Vallere», è stata allestita una mostra permanente sulla fascia fluviale del Po contenente le illustrazioni delle riprese aeree della fascia fluviale nel tratto piemontese; tale mostra contiene cortometraggi e monitor illustranti programmi didattici rivolti agli studenti dell'istruzione secondaria.

È stata realizzata una stazione ipermediale funzionante su personal

computer con l'ipertesto «Navigando sul Po», per la consultazione di testi vari, tabelle di dati, immagini e mappe tematiche con funzioni di pubblicizzazione e divulgazione, didattiche e di sportello.

L'ipertesto ha una struttura divisa in più unità didattiche facilmente consultabili per utenti non informatici. La navigazione multimediale attraverso informazioni geografiche, testi ed immagini consente infatti di muoversi lungo i diversi ambiti, lungo il corso del fiume, distinti dal punto di vista geografico e morfologico, passando quindi dall'ambito montano a quelli dell'alta pianura cuneese e torinese, da quello metropolitano a quelli collinari e delle risaie; la navigazione consente anche però di spostarsi attraverso i vari temi e sottotemi di lettura, passando anche in questo caso dai temi descrittivi, paesaggistici, naturalistici, agricoli a quelli geologici, idrologici, architettonici, economici etc.). Gli spostamenti ed i collegamenti all'interno dei vari temi ed ambiti avvengono agevolmente tramite «pulsanti» iconizzati e *hot key* che consentono di collegarsi immediatamente al testo, alla tabella, alla figura etc. sottesa.

Le schede e le tabelle di dati consultabili sono state importate dalle Banche Dati Naturalistiche del SINR (Sistema Informativo Naturalistico Regionale) per quanto riguarda appunto la vegetazione, la fauna ittica ed ornitologica della fascia fluviale; sono state altresì ricavate dalla Banca Dati Territoriale su base comunale del SITA (Sistema Informativo Territoriale Ambientale) per quanto riguarda informazioni più generali sui dati economico-territoriali dei comuni in cui ricade amministrativamente la fascia stessa.

Le immagini visualizzabili all'interno del percorso ipertestuale sono di diverso tipo: dalle immagini telerilevate dei vari ambiti territoriali, alle carte tematiche dei vari aspetti riguardanti l'idrogeologia del territorio e l'inquinamento delle acque, alle immagini delle piante e degli animali schedati di cui sopra.

L'ipertesto è in consultazione presso le sale in cui è in visione la mostra.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1990), *Banca Dati Geologica*, Regione Piemonte - CSI-Piemonte - CNR-IRPI, Torino.
- ASTENGO G. (1979), *Per un sistema informativo a servizio della politica territoriale delle Regioni*, Anci-Regioni-Cresme.
- BATTY M. (1992), *Urban modelling in computer graphic and geographic information system environment*, in: «Environment and Planning B: Planning and Design» 19.
- BRIVIO P.A., LECHI G.M. & ZILIOLO E. (1992), *Il telerilevamento d'aereo e da satellite* - Carlo Delfino Editore.
- CAVAGNOLI M., AIGOTTI D. & GARRETTI L. (1993), *Un GIS per l'Urbanistica: il Sistema Informativo per il trattamento della strumentazione urbanistica in Piemonte*, AMFM 5ª Conferenza nazionale italiana.
- DE BIAGGI E., FOIETTA P., FELLA M. & MONATERI A.M. (in preparazione), *Il Sistema Informativo Naturalistico della Regione Piemonte*.
- DE CAROLIS (1993), *I Sit, luci e ombre dell'esperienza italiana*, Urbanistica Informazioni, 128.
- FOIETTA P. & MANDRILE L. (1992) - *Cartografia numerica con il P.C.*, CLUP, Milano.
- FOIETTA P., PENON A. & SURACE M.G. (1992), *Repertorio di cartografia tematica*, Regione Piemonte - CSI-Piemonte, IPLA S.p.A., Torino.
- FOIETTA P. & SURACE M.G. (1992), *Sistema informativo Territoriale Ambientale della Regione Piemonte: Rapporto sullo stato di realizzazione*, Regione Piemonte - CSI-Piemonte, Torino.
- FORNERIS G. (1989), *Piemonte ambienti acquatici ed ittiofauna*, Regione Piemonte - Assessorato alla pesca - REDA.
- GABRIELLI B. (1984), *Integrazione dei sistemi informativi per il governo del territorio*, in: «V. TAGLIASCO e M.T. TORTI (a cura di), Tecnologie ed enti locali, Siag, Genova».
- GIRARD M.C. & GIRARD C.M. (1989), *Télédétection appliquée*, Masson.
- Il carta Po*, supplemento AQUA, 40/89.
- Il parco fluviale del Po*, supplemento OASIS, 4/91, Musumeci editore.
- Il Po*, AcquAgricolturaAmbiente: volume I (idrologia e idrogeologia), volume II (l'alveo ed il delta), 1990.
- IMBESI G. (1978), *L'informatica nella gestione del territorio*, Milano, Franco Angeli.

- IRES (1989), *Progetto Po*, Rosenberg & Sellier, Torino.
- JOGAN I. (1988), *Voce Sistemi Informativi Territoriali*, in: «Enciclopedia di Urbanistica e pianificazione territoriale, Franco Angeli, Milano».
- MARESCOTTI L. (1993), *I Gis, l'informatica e la pubblica amministrazione*, Urbanistica Informazioni, 127.
- MINGOZZI T. & BOANO G., *La fauna piemontese un patrimonio "vivo"*, Regione Piemonte, Assessorato caccia e pesca.
- MINISTERO DELL'AMBIENTE, Servizio valutazione impatto ambientale (1992), *Relazione sullo stato dell'ambiente*.
- MONATERI A., GERBINO C. & VERNER S. (1993), *Utilizzo di un GIS per la pianificazione delle attività estrattive in Piemonte*, AMFM 5ª Conferenza nazionale italiana.
- NIJKAMP & SCHOLTEN J. (1993), *Spatial information systems: design, modelling, and use in planning*, International Journal of GIS, 1.
- ORGANIZZAZIONE PER LA COOPERAZIONE ECONOMICA E LO SVILUPPO (1987), *Acque inquinate: le conseguenze dell'uso di fertilizzanti e pesticidi*.
- REGIONE PIEMONTE (1990), *Un Po più vicino*, raccolta di estratti di «Notizie della Regione Piemonte».
- REGIONE PIEMONTE (1990), *Piano Regionale dei Parchi e delle Riserve naturali*, Terza integrazione. (Deliberazione del Consiglio Regionale del 21/3/1990, n° 1281-4544).
- REGIONE PIEMONTE, ASSESSORATO AMBIENTE (1991), *III Censimento dei corpi idrici*.
- REGIONE PIEMONTE, ASSESSORATO AMBIENTE (1991), *La depurazione delle acque reflue nella Regione Piemonte*.
- REGIONE PIEMONTE, ASSESSORATO AMBIENTE (1992), *Il Piano Direttore delle Acque*.
- REGIONE PIEMONTE, RISERVA NATURALE GARZAIA DI VALENZA (1988), *I fiumi italiani e le calamità artificiali*.
- REGIONE PIEMONTE, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO (1992), *Carta ittica relativa al territorio della Regione Piemontese*.
- SERENI E. (1984), *Storia del paesaggio agrario italiano*.
- SHIFFER M.J. (1992), *Towards a collaborative planning system*, in: «Environment and Planning B: Planning and Design», 19.

La carta geomorfologica della Pianura Padana

Augusto BIANCOTTI^(*)

Abstract. - *The geomorphological map of the Po Plain at the 1:250 000 scale is the only cartographic document on the physiography of this space seen as a whole, and it shows the ongoing evolution of the area.*

It is the result of a ten-year common work of the main Universities of Northern Italy. It shows landforms and also the soils. The former are documented through a complex and detailed caption, while degradation processes and recent sedimentation are only indicated in terms of stages, and in particular of thicknesses involved.

From this syntetic vision of the Po Plain, which makes up the original contribution of this document, one evinces the swift transformation of erosional-depositional relationships within the plain and between the plain and its margin. The causes of the change are partly natural (subsidence and neotectonic surge), partly artificial (man's activity in abstracting building material, in modifying river beds, in altering forms and in causing further subsidence). The upshot is that the system is moving towards a state of precarious equilibrium, preserved only by reiterated intervention by man, whose effects, however, are often contradictory as far the use of space is concerned.

Il disegno dello spazio fisico

Il triangolo isoscele della Padania, di colore verde intenso, caricato, la base a contatto con l'azzurro dell'Alto Adriatico, chiuso dalla sfumatura marrone dell'Arco Alpino e Nord-Appenninico, con i bordi verde pallido segnati dai distretti collinari e prealpini, è un'immagine geografica nota in tutto il mondo, e frutto delle successive approssimazioni prodotte dall'evoluzione delle dottrine e delle tecniche cartografiche.

Nell'ultimo secolo alle rappresentazioni topografiche sempre più dettagliate e precise si sono aggiunti altri tipi di cartografie, quella geologica alla scala 1:100 000 basilare per la conoscenza dello spazio fisico, e tante altre raffigurazioni derivate, che descrivono varie tematiche dell'ambiente naturale, da quelle idrologiche, a quelle climatiche, a quelle pedologiche.

^(*) Accademia delle Scienze, Torino, ordinario di Geografia Fisica, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Torino.

Con l'eccezione dei documenti geologici, sistematici, frutto di un progetto complessivo e portato a termine, tutti gli altri disegni della Padania, almeno quelli degli aspetti fisici, sono accomunati da carenze che, senza nulla togliere all'originalità e all'importanza degli argomenti esposti, ne limitano severamente le possibilità d'uso. I difetti più comuni sono:

- le dimensioni della scala, piccola, che ne impedisce un qualsiasi utilizzo applicativo;
- la discontinuità spaziale dei singoli prodotti, che rende impossibile quella visione d'insieme necessaria per il primo livello, induttivo, della conoscenza occorrente ad esempio per organizzare il territorio;
- le disomogeneità della legenda, dei metodi di rilevamento, delle scansioni temporali, che vanificano le possibilità di confronto e di correlazione.

La carta geomorfologica della Pianura Padana⁽¹⁾ alla scala 1:250 000 corregge alcune delle deficienze elencate: è sufficientemente dettagliata, è completa ed omogenea.

La rappresentazione di un sistema

La grande pianura del Nord Italia è composta dai settori distali di geosistemi diversi: i bacini idrografici confluenti da Occidente e da Settentrione dell'Alto Adriatico.

È da chiedersi se a sua volta possa essere considerata un sistema rappresentativo di relazioni e processi che si svolgono sulla superficie terrestre come un insieme di parti interagenti; se, in altre parole, è un'unità dinamica con un'organizzazione geografica propria, e come tale sia rappresentabile in modo omogeneo.

Esistono argomenti a favore di tale ipotesi ed altri propizi invece all'eterogeneità dissecante l'areale in unità separate.

⁽¹⁾ La carta geomorfologica alla scala 1:250 000 è il prodotto dell'omonimo Progetto di Ricerca del Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica "40%". Al progetto, che è costato circa dieci anni di lavoro, hanno partecipato quasi tutte le sedi universitarie della Pianura Padana insieme con alcuni altri Centri e Laboratori di ricerca. Al primo momento, di stesura della legenda, è seguita la seconda parte dell'impresa, consistita nel rilevamento della morfotessitura alla scala 1:100 000, come base per la cartografia definitiva che, come riferito, è alla scala 1:250 000, e può essere ormai considerata pronta per la stampa. L'opera sarà completata dalla stesura di una Memoria di sintesi che funga da illustrazione del documento, ed accompagnata da tematismi diversi, come la carta delle isoipse con equidistanza di 5 m.

Gli elementi più importanti argomentanti la disomogeneità sono i seguenti:

- esistenza di bacini idrografici diversi (bacino padano s.s., bacini dei fiumi veneti, del Reno ecc.);
- giustapposizione di sottobacini con storie geologiche e comportamenti idrologici attuali fortemente differenziati (bacini alpini ed appenninici).

Le ragioni più decise dell'omogeneità consistono in:

- storia dinamico-evolutiva comune di tutto l'areale, le cui principali componenti sottosistemiche, i bacini veneti e quello del Po, sono state fisicamente unite per lunghi periodi (Interglaciali) durante la genesi delle forme, quando il livello marino, più basso, permetteva la confluenza comune di tutto il reticolo idrografico prima di congiungersi all'Adriatico;
- attività rexistastica comune, essendo l'uomo fattore unificante (Antroporexistasia), in quanto agente in modo simile in tutto l'areale. Avremo modo in seguito di approfondire il problema.

Nel complesso le motivazioni a credito dell'omogeneità paiono più convincenti delle altre. Facendo riferimento in particolare all'ultimo dei punti appena enunciati, è poi evidente che l'imporsi del modellamento antropico come processo progressivamente dominante proietti nel futuro anche prossimo la Padania più che non come spazio fisico più o meno unitario, come territorio organizzato e quindi sostanzialmente omogeneo.

Il progetto culturale

La carta geomorfologica rappresenta i geotopi del sistema, costituiti dai versanti e dai talweg; con più precisione, ne descrive le forme e i suoli, i fattori di interfaccia, derivanti dall'interazione dei fattori geodinamici interni alla litosfera (litologia, struttura, tettonica) e di quelli esterni, come il clima, la vegetazione e l'uomo.

È prevalente l'evidenza data alle forme rispetto ai suoli. La documentazione delle prime è garantita da una legenda complessa e di grande dettaglio, mentre dell'alterite e delle coperture d'apporto recente si dà un'indicazione solo di fasi (la potenza in primo luogo).

Al di là dell'ovvia considerazione che una scelta alternativa avrebbe portato alla stesura di una carta se mai pedologica, è da sottolineare qualche aspetto innovativo del progetto culturale rispetto a quello che finora ha informato di sé la gran parte della produzione di tematismi simili. In particolare mancano i tradizionali riferimenti di cronologia

relativa. La scelta non è legata all'interpretazione non ancora univoca delle varie unità morfopedologiche affioranti — se mai questa avrebbe potuto essere l'occasione per una messa a punto generale capace di unificare le scale temporali —, ma piuttosto all'esigenza di marcare uno spazio specifico, autonomo, oltre la Geologia, nel quale al collegamento con gli eventi «storici» si preferisce l'altro con i processi attuali e con le tendenze prevedibili. Il riferimento storico, se mai, è all'azione antropica, con l'annotazione dei centri medievali, le conurbazioni, il modellamento degli argini, le golene, le cave e così via.

Ecco, dunque, che la carta geomorfologica diventa espressione culturale autonoma, né carta geologica né carta geografica, ma categoria indipendente della conoscenza, che interpreta il paesaggio come sintesi di elementi fisici ed umani, scegliendo fra gli uni e gli altri quelli probabilisticamente più durevoli. Così sono disegnati gli alvei apparenti dei corsi d'acqua e non quelli maggiori delle piene eccezionali; sono raffigurate le aree bonificate e i grandi scolmatori, ma non i tipi di coltura praticati.

La contemporanea presenza degli spessori dei suoli e degli altri depositi, le pendenze, i rapporti dinamici definiti dalla presa in esame della neotettonica ne fa un documento originale, rappresentativo della risorsa territorio in una delle aree nevralgiche del Paese, al centro della concorrenza fra usi alternativi (urbano, industriale, naturalistico, di transito, di prelievo minerario ecc.), e quindi necessitante di quell'organizzazione complessiva possibile soltanto se studiata su un documento unitario. In conclusione, la carta riporta fra le realtà possibili quella più fedele all'attuale stato dell'opera di un ambiente in continua trasformazione per cause naturali ed antropiche, che interagiscono insieme condizionandosi reciprocamente.

I tematismi

L'argomento centrale della carta è la descrizione dei processi erosivo-deposizionali responsabili del modellamento e dei flussi energetici che ne regolano gli effetti:

- le pendenze del piano di campagna, denotanti assetti e regimi di scorrimento delle acque superficiali diversi nello spazio e nel tempo;
- i tipi di substrato alluvionale, suddivisi in base alla granulometria (e quindi ancora all'energia del mezzo di trasporto);
- le forme di erosione classificate in base all'evidenza delle morfosculture (ad esempio all'altezza delle scarpate di terrazzo);

— le geometrie dei corpi sedimentari (ad esempio le forme dei solchi fluviali).

Gli altri temi più importanti sono: l'analisi degli agenti dei processi; le tendenze dinamiche in atto; l'eredità del passato.

Un argomento a sé è la scelta del limite della pianura.

Gli agenti dei processi: oltre a quello fluviale che ovviamente prevale, sono riconosciuti l'agente eolico, quello marino, neotettonico, antropico. Ciascuno di questi produce effetti diversi. I processi eolici hanno prodotto essenzialmente depositi di tipo puntuale (dune) o areale (coltri loessiche). Quelli marini generano in prevalenza forme lineari (cordoni litoranei, spiagge, lidi); gli agenti geodinamici sono i responsabili di morfologie secondarie dovute alla deformazione di strutture primarie (faglie profonde che generano scarpate in superficie, basculamenti che producono pendenze anomale del piano di campagna).

L'azione dell'uomo è più complessa. Essa tende di norma alla conservatività della posizione dei flussi energetici lineari, le correnti fluviali in primo luogo. Tale opera è favorita direttamente dalle arginature, indirettamente dalle disfluenze artificiali in genere a scopo irriguo, che permettono un controllo più efficace delle piene, delle eventuali esondazioni e delle possibili deviazioni fluviali. Contribuiscono allo stesso fine le modificazioni involontarie degli alvei conseguenti la sovraescavazione dei letti fluviali per il prelievo degli inerti. Sottratti gli interfluvi al rimodellamento naturale, rimaneggia lui stesso queste superfici con interventi endemici (cave, colmate, bonifiche, ecc.). È dunque quella dell'uomo un'azione progressivamente dominante, che sostituisce agli equilibri naturali altri di tipo antropico, capaci di conservarsi fin quando l'azione umana si reitera. La grande corsa al piano, iniziata con le bonifiche degli ordini religiosi, intensificatasi con l'industrializzazione, sta dunque modificando l'ambiente così come era capitato in montagna nei momenti di massimo popolamento: una sostituzione di causalità capace di costruire unità morfopedologiche nuove, accomunate dall'accelerazione enorme del parametro costituito dal tempo di modellamento.

Le tendenze dinamiche dei processi: ne abbiamo appena terminato di parlare riferendoci all'azione antropica. La carta non distingue fra tendenze naturali e tendenze dovute all'uomo; annota però la loro esistenza e, in qualche misura, il grado di intensità e di interazione. È quanto può riferire una carta a media scala, in grado di documentare diffusione e pervasività o meno di una tendenza, ma impossibilitata a

tipizzarla quantitativamente e qualitativamente. Saranno precisazioni affidate ad altri studi paralleli, ad altri approfondimenti.

Le eredità del passato: delle forme residuali viene disegnata la geometria, e indicata l'origine. Ciò è coerente con le scelte di non esprimersi sulla cronologia delle morfosculture, e nello stesso tempo di recepire la memoria del passato attraverso la comprensione e la correlazione delle stesse.

Il limite della pianura: è scelto il criterio geometrico, di riferire la pianura alle aree dove l'energia del rilievo è inferiore a dislivelli di 75 metri per ogni 1000 metri lineari, e di entrare negli sbocchi vallivi fino dove il fondovalle è largo almeno tre chilometri. Il limite può risultare o graduale oppure abrupto. In genere segna il contatto fra unità planiziali più basse e rilievi più elevati, ma in alcuni casi i rapporti altitudinali si invertono, come a Sud-Est di Torino, dove dall'altopiano di Poirino, pianura a tutti gli effetti, si «scende» verso le colline dell'Astigiano, frutto dei processi erosivi dovuti alla cattura del Tanaro e al ringiovanimento complessivo del suo bacino.

I depositi morenici: danno origine a forme residuali, dotate di energia di rilievo che le esclude dalla pianura vera e propria. Ne segnano il limite verso Nord per tratti non indifferenti; costituiscono una peculiarità del geosistema con il quale anche oggi continuano a restare in rapporto dinamico. Al proposito basti pensare che l'ulteriore rimaneggiamento della superficie planiziale con cave o rilevati artificiali dipende in buona parte dall'uso o meno che si farà dei detriti glaciali, posti così vicino ai luoghi di consumo e dotati di proprietà geotecniche discrete. Sono i motivi che ne hanno consigliato una rappresentazione sommaria, sufficiente tuttavia a sottolinearne presenza e importanza.

L'evoluzione in atto

Una cartografia a media scala privilegia naturalmente la sintesi sull'analisi: più che non ad un approfondimento di tematiche specifiche, essa approda ad una correlazione di ipotesi e di scoperte che hanno già fatto parte del dibattito scientifico. Dal rapporto, dal collegamento spaziale fra areali diversi, prima non mai messi a confronto, possono nascere nuove idee, possono essere palesate nuove interazioni prima invisibili.

Forme fluviali: la pianura è formata sostanzialmente da due tipi di depositi: quelli di conoide e quelli di pianura alluvionale. Le conoidi si allineano in due fasce pressoché continue e interdigitate fra loro che bordano il contatto alpino e nord-appenninico. Nell'alta pianura cuneese, all'estremo Ovest, si saldano insieme lungo il piano sagittale; procedendo verso Est i corpi sedimentari che scendono dagli opposti versanti del solco padano si allontanano progressivamente lasciando lo spazio intermedio a disposizione della piana meandrica.

La presenza sulle conoidi di terrazzi incastrati, la successione delle coltri alteritiche di potenza diversa, le forme fluviali denotanti l'alternarsi nel tempo di momenti evolutivi diversi succedutisi negli stessi spazi, dimostra un'evoluzione complessa, in cui dopo una fase iniziale di sedimentazione prevalente ne sono seguite altre caratterizzate dall'accentuarsi pur non continuo e costante del processo erosivo. Il materiale eroso è stato deposto nel settore centrale e poi orientale della pianura, generandola con i dossi, le lagune, i lidi. Tale tendenza pare attualmente in fase di attenuazione se non di cambiamento: nei talweg prevale quasi dovunque l'erosione, mentre la facciata a mare non riproduce quei sistemi di progressione che inducono il costante ritmo di crescita della morfotessitura fin dai primi tempi della sua genesi. All'incisione degli alvei si accompagna una diffusa erosione areale, una vera e propria demolizione del livello fondamentale della pianura, che viene costellata di cave destinate nel tempo, insieme con l'erosione dei letti, a creare vere e proprie nuove unità morfologiche, forme negative d'origine antropica o terrazzi incastrati della stessa natura.

Il fenomeno si accompagna ad una recente subsidenza dell'estremo settore orientale, anch'essa di origine antropica a causa dei noti emungimenti di fluidi dal sottosuolo, e a un sollevamento continuo di una parte del bordo montano, particolarmente ben evidente e documentato nel settore occidentale, quest'ultimo di origine geodinamica.

Ne deriva un progressivo aumento dell'energia del rilievo, che accentua la pendenza degli alvei, e quindi, ancora l'attitudine all'erosione delle correnti fluviali. Tale potenzialità è in buona parte impedita anche in fase di piena dalle arginature artificiali e dalle scogliere poste a protezione delle ripe, che riducono o interdiccono l'erosione laterale. La diminuzione del carico solido, il cui trasporto è una forma efficace di dissipazione dell'energia lorda, impone un'ulteriore accelerazione dei deflussi. Nell'insieme l'evoluzione geomorfologica della pianura risulta oggi squilibrata, con alvei fissati artificialmente, interfluvi in erosione discontinua e aumento della velocità della corrente: è il nuovo assetto antropico della morfotessitura al quale prima era fatto cenno, destinato a mantenersi fin quando l'intervento umano sarà reiterato e

la resistenza delle opere di difesa supererà la potenza netta dei deflussi, in crescita progressiva per le motivazioni addotte.

Forme eoliche: la separazione cronologica fra una fase deflattiva oggi assente e una fase ablativa oggi vigorosa è ancora più netta nelle forme eoliche. L'ultimo momento di intensa rexistasia climatica tale da permettere l'azione del vento su vaste superfici ha potuto realizzarsi durante le Glaciazioni pleistoceniche, ed ha portato alla sedimentazione delle coltri loessiche deposte sia sul morenico prealpino sia sulla collina di Torino, sia sul bordo nordappenninico. Tali falde sono oggi in attiva demolizione, sia per i normali processi di erosione areale sui versanti, sia ancora una volta per l'azione antropica di cava che in questo caso utilizza le coperture alteritiche argillificate. La stessa azione, di erosione prevalente, sovente per cause antropiche, interessa le forme glaciali al bordo della pianura, mentre quelle litoranee, più che non essere interessate a processi erosivi in aumento, risultano meno alimentate da monte, e quindi in regresso per la destabilizzazione degli equilibri precedenti.

Nell'insieme il Bacino Padano e, per quanto ci concerne, il settore pianiziale, è interessato ad un fenomeno di rapido ringiovanimento a causa dell'intervento antropico endemico. Il progressivo abbassamento dei livelli di base provvisori si accompagna ad un innalzamento del livello di base definitivo marino, in sollevamento in tutto il mondo e quindi anche nell'Alto Adriatico.

Ne deriva:

- a) un aumento dell'energia nei settori prossimali e centrali del bacino;
- b) una riduzione dell'energia nei settori distali dello stesso.

Qualora l'intervento antropico, per ora in grado di alimentare gli equilibri imposti, venisse a mancare, ciò porterebbe all'impaludamento costiero e a una fase di accentuato rimaneggiamento degli alvei almeno in tutta la barra meandrica centrale della pianura. Ciò prospetterebbe un quadro, pur nella mutata situazione, assai simile a quello che seguì la caduta dell'Impero Romano e che rese la costa veneto-romagnola e il settore centrale della Bassa Pianura repulsiva all'uomo ed alle sue opere.

Le peculiarità del settore piemontese: una breve sintesi

Se, per le ragioni dianzi esposte, l'intera Padania può essere considerata un Geosistema, tale attribuzione è ancora più cogente per il settore prossimale, piemontese, a sua volta costituito da due grandi

sottosistemi confluenti insieme: quello del Po s.s., che drena le acque alpine delle Alpi Cozie e delle Alpi Graie; il sistema del Tanaro nel quale confluiscono i deflussi delle Alpi Marittime, Liguri e del Bacino Terziario Piemontese.

I rapporti fra i due sistemi risultano variati nel tempo e nello spazio a causa delle note vicende della cattura del Tanaro. Questo fiume che fino al Pleistocene superiore confluiva nel Po nella pianura cuneese all'altezza di Carignano, è stato catturato da un drenaggio diretto verso l'Alessandrino. Ciò è stato la causa della deviazione a gomito all'altezza di Bra e della confluenza nel Po a valle della città di Alessandria. Il fenomeno ha comportato la variazione del livello di base provvisorio, che da 250 metri s.l.m. circa si è spostato a 90 metri s.l.m. e il conseguente rimodellamento per erosione regressiva di tutto il bacino a monte che ha interessato anche la parte planiziale.

Mentre il settore meridionale della pianura piemontese scontava i primi effetti, probabilmente parossistici, della cattura, il settore settentrionale entrava nella fase di deglaciazione, violentemente reistastica, che rimodellava gli apparati morenici e scavava gli scaricatori glaciali nei tratti frontali delle cerchie. A tali comportamenti, di differenziazione delle due sottounità, se ne accoppiavano altri, di sostanziale omogeneizzazione, conseguenti l'atteggiamento geodinamico nell'areale nel suo insieme. Questo può essere riassunto in un generalizzato sollevamento dei rilievi, sia alpino sia appenninico e in una contemporanea subsidenza della pianura alessandrina in particolare. Ne è conseguito l'aumento dell'energia del rilievo all'interno dei singoli bacini con la netta differenziazione dei comportamenti dinamici fra i settori a monte e quelli a valle. La carta geomorfologica è lo strumento più idoneo per registrare tali differenze e tali analogie.

Le differenze fra i due sottobacini sono rese chiare dalle valli planiziali scavate dal reticolo del Tanaro dopo la cattura, alle quali si contrappone il sovralluvionamento delle piane del Po a Sud e a Nord della strettoia di Torino.

Le analogie sono sottolineate dall'incisione di tutte le grandi conoidi pleistoceniche, poste a cerniera fra i tratti montani e quelli planiziali dei bacini.

La tendenza naturale al sovralluvionamento della Piana del Po e di quella di Alessandria è attualmente contrastata dall'attività antropica di escavazione degli alvei e dello stesso livello fondamentale della pianura in questi areali.

In conclusione, gli squilibri già segnalati per la pianura nel suo insieme risultano più accentuati nel suo tratto iniziale con tutte le conseguenze di rischio ad essi connesse.

L'uso del documento

La rappresentazione dello spazio fisico di superficie in Padania, e soltanto mediante una cartografia a scala piccola, è la più palese espressione del ritardo con il quale la società italiana guarda alle proprie risorse basilari, e il territorio ne è la prima. Mentre altrove, come nella vicina Francia, la cartografia geomorfologica a media scala è un tratto cognitivo ormai acquisito, e con essa altri documenti più propriamente geografico-fisici come la carta climatica, appena adesso in Italia sta nascendo, lentamente, un progetto di carta geomorfologica alla scala 1:50 000, per altro privo di finanziamenti se non per un foglio campione.

Per molti anni dunque la carta geomorfologica della Pianura Padana alla scala 1:250 000 resterà l'unico riferimento unitario della morfologia di superficie nell'area più dinamica del Paese, e in trasformazione più rapida. Basti pensare ai progetti dell'Alta Velocità, ai sempre più frequenti episodi di stress ambientale com'è stato il caso di Trecate, alle troppe domande di spazio, e tutte in concorrenza, alle quali è sottoposta la stessa area.

Pur nei suoi limiti ovvi dovuti alla scala e al preciso tematismo, la carta dovrà essere necessariamente utilizzata come documento di base per quegli aspetti di organizzazione territoriale interregionale concernenti, oltre ai tipi di azione antropica appena elencati, l'assetto del Bacino Padano nel suo insieme, quello costiero, quello dell'asse fluviale del Po e dei suoi più importanti affluenti.

Al tempo stesso sarà la rappresentazione della Padania in una ben precisa contingenza storica, alle soglie del 2000, in un momento che pure con mille contraddizioni e mille pause e ripensamenti, è di forte maturazione culturale sulle fondamentali tematiche delle risorse di base, dei rischi, del rapporto fra spazio, ambiente, uomo e territorio.

Da questo punto di vista la carta è perfetta espressione del vissuto nella quale è nata, di presa di coscienza embrionale dei problemi, a piccola scala appunto, con intenti ed obiettivi più didascalici che non di interpretazione pratica come premessa di intervento operativo.

È insomma un prodotto intellettuale e non ancora sociale: in questo senso e con questi limiti il suo impiego potrà essere proficuo.

BIBLIOGRAFIA

- AJASSA R., BIANCOTTI A. & MOTTA M. (1989), *Carta altimetrica dell'alta pianura piemontese*. Atti Acc. Sc. Tor., **124**, 29-35.
- AJASSA R., BIANCOTTI A., BRANCUCCI G., CORTEMIGLIA G.C. & MOTTA M. (1989), *Carta altimetrica della Pianura Piemontese*. Atti XXIV Congr. Naz. Geogr. «L'Italia che cambia, il contributo della Geografia» Catania, 503-507.
- BIANCOTTI A. (1979), *Rapporti fra morfologia e Tettonica nella pianura cuneese*. Geogr. Fis. Din. Quat., **1**, 6 pp.
- BIANCOTTI A. & CORTEMIGLIA G.C. (1982), *Morphogenetic evolution of the river system of southern Piedmont (Italy)*. Geogr. Fis. Din. Quat., **5**, 10-13.
- BONDESAN M. & MASÈ G. (1983), *Flooding and drainage problems in the fluvial plain of the Po River, Italy*. «3d Meeting of the Working Group on Geomorphology of river and coastal plains, Bangkok», 58-64.
- BONDESAN M. (1985), *Assetto geologico della pianura costiera tra Adige e Bevano*. Quad. Italia Nostra, **14**, 37-44.
- CASTIGLIONI G.B. (1984), *Po Plain*, in: «Geomorphology of Europe, London Macmillan», 253-260.
- CASTIGLIONI G.B. & al. (1986), *Criteri informativi del progetto di una carta geomorfologica della Pianura Padana*. Materiali, Dip. Geogr. Un. Padova, 31 pp.
- CREMASCHI M. (a cura di) (1988), *The loess in northern and central Italy: a Loess Basin between the Alps and the mediterranean region*. Milano, 128 pp.
- FORNO M.G. (1982), *Studio geologico dell'Altopiano di Poirino (Torino)*. Geogr. Fis. Din. Quat., **5**, 129-162.
- GABERT P. (1962), *Les plaines occidentales du Po et leurs piedmonts*. Gap, 531 pp.
- MARAGA F. (1983), *Morphologie fluviale et migration des cours d'eau dans la Haute Plaine du Po (Italie, partie Nord-Ouest)*. Proc. Symposium Franken: Holocene Valley development, Methods and Results, INQUA IGCP 158, Lichtenfels 1980, Geol. Jahr, **71**, 219-236.
- SORBINI L. & al. (1984), *Geologia e Geomorfologia di una porzione della pianura a Sud-Est di Verona*. Mem. Mus. Civ. St. Nat. Verona, II s., Sc. Terra, **2**, 92 pp.
- ZANFERRARI A. & al. (1982), *Evoluzione neotettonica dell'Italia nord-orientale*. Mem. Sc. Geol., **35**, 355-376.

Il Parco Fluviale del Po: situazione e prospettive

Roberto SAINI^(*)

Abstract. - *Piedmont is a region which is strongly characterised by the presence of protected areas. The 55 regional parks and nature reserves and 2 national parks are the outcome of an environmental protection policy which since its introduction in 1973 has been regarded as part of the overall territorial planning policies rather than merely a sectorial policy.*

Among Piedmont's protected areas a prime role is played by Po River system, first included as part of the regional parks in 1990 with the intention of reversing the land management trend established over time which saw the river as an element to be dominated and exploited for man's interests, even through the construction of public works, rather than an ecosystem to be conserved and enhanced.

The statutory regulations constituting the Po River Park therefore tend to underline this aspect, both through the introduction of restrictions on land use and the formulation of land planning instruments which enable actively defensive policies and those encouraging the development of compatible activities to be evaluated and implemented.

The Plan for the Park has thus become the principal instrument for the realisation of the numerous complex objectives of a protected area like that along the banks of the Po whose protection is mainly based on the river's freedom to wander, although taking account of existing inhabited areas and infrastructures within the zone.

The Po River Park Plan moreover forms part of a highly complex juridical situation which serves to reinforce its contents and effects: in fact, the latest national and regional legislation aims to guarantee the defence and protection of river system, and singles out various levels of planning instruments as the most appropriate mechanism for attaining the pre-established results.

Per introdurre correttamente il tema delle aree protette (parchi e riserve naturali) ed il suo sviluppo storico della nostra regione è necessario ricordare che in Piemonte si è consolidato nel tempo, a partire dal 1973, anno in cui la Regione Piemonte iniziò ad operare concretamente in materia, un vero e proprio sistema di aree sottoposte

^(*) direttore del Settore Parchi Naturali della Regione Piemonte; docente di Pianificazione e Gestione Naturalistica ed Ambientale, Università di Torino.

a tutela che oggi conta 55 tra parchi e riserve regionali (ai quali debbono essere aggiunti i due Parchi Nazionali che incidono sul territorio piemontese, il Gran Paradiso, per una parte, e la Val Grande, per l'intera superficie) che coprono circa il 7% della superficie della regione e che sono caratterizzati da una organizzazione e da un coordinamento centralizzato a livello regionale.

Questo risultato è stato raggiunto anche grazie all'impostazione che si è data, fin dall'inizio, alla politica delle aree protette che è stata sempre una politica territoriale e pertanto collegata alla situazione socio-economica ed alla sua evoluzione oltre che attenta ai mutamenti territoriali indotti dai continui cambiamenti della società: non si tratta di un ovvio modo di affrontare il problema, bensì di una scelta innovativa rispetto al passato se teniamo conto del momento in cui è stata effettuata e della situazione che caratterizzava negli anni '70 la politica dei parchi, ritenuti ancora e soltanto come parti del territorio di interesse naturalistico esclusivo e quasi del tutto immuni da influenze esterne. La Regione Piemonte, pertanto, con la sua azione, si è allineata alla più moderna concezione della protezione ambientale, collocando la politica delle aree protette in un contesto territoriale più ampio e diffuso.

Un'altra riflessione preliminare rispetto al tema della protezione è quella relativa al quadro giuridico che caratterizza, nel nostro Paese, l'attenzione verso l'ambiente naturale e motiva, anche sotto il profilo del diritto, l'azione politica. A partire dall'articolo 9 della Costituzione fino alla legge Galasso (legge 8 Agosto 1985, n. 431) e ancora dalla legge-quadro in materia di aree protette di recente emanazione (legge 6 Dicembre 1991, n. 394) fino alle normative di pochi mesi or sono sulle acque (leggi 36/94 e 37/94) passando attraverso la legge 183/89 e tante altre normative che segnano l'evoluzione del pensiero filosofico e politico rispetto al tema dell'ambiente naturale, possiamo affermare con certezza che esistono, nel nostro Paese, le condizioni giuridiche per gestire seriamente il territorio e garantirne la tutela: il vero problema è pertanto quello di tradurre in azioni concrete e corrette le normative vigenti tentando, con queste azioni, di raggiungerne le finalità di indubbio interesse pubblico generale. Con la politica dei parchi e delle riserve naturali che si è sviluppata in Piemonte la Regione ha voluto dare una risposta, seppure parziale, a questo obiettivo.

Il Parco Fluviale del Po, che costituisce uno dei tasselli di questo sistema territoriale diffuso e che è il protagonista principale del Convegno odierno, è stato istituito dalla Regione Piemonte con una legge che risale all'Aprile del 1990 (e pertanto costituisce una realizzazione ancora giovane) ed ha segnato, anch'essa, il punto di arrivo di un

complesso procedimento di lettura e di pianificazione del territorio che ha avuto origine dalla consapevolezza dell'importanza primaria della tutela pubblica dell'ambiente fluviale più rilevante d'Italia, sia in quanto riferita al fiume principale del nostro Paese, sia in quanto rivolta a riequilibrare sotto il profilo delle politiche territoriali l'intero bacino padano. Il Parco del Po piemontese pertanto, pur limitato nella sua estensione territoriale, si pone l'ambizioso obiettivo di costituire un modello di gestione che influenzi positivamente altre politiche: si tratta pertanto di un progetto estremamente complesso, ma molto stimolante anche perché si propone, così come espressamente previsto nelle finalità istitutive del Parco, di lasciare un primo significativo segno sul territorio e cioè quello di invertire la tendenza del passato di considerare il fiume — ovvero i fiumi — come un sistema fisico da domare e da modificare in relazione ad ogni esigenza umana invece di considerarlo, più correttamente e come lo stesso titolo di questo Convegno auspica, un sistema naturale da conservare e da valorizzare.



Il Po a Carignano (da: *Archivio Centro Documentazione del Settore Parchi Naturali della Regione Piemonte*, foto R. BORRA).

Deve essere ancora sottolineato che il Parco Fluviale del Po costituisce comunque un'anomalia nel programma della tutela ambientale

non soltanto come riferimento al sistema delle aree protette del Piemonte, ma anche rispetto alla realtà italiana, in quanto è caratterizzato da alcune particolarità che lo rendono unico nel suo genere: infatti si tratta del primo caso in cui una Regione istituisce un'area protetta fluviale che interessa l'intero percorso di un fiume sul proprio territorio (nel caso del Po ben 234 km) limitando i confini del Parco alle sole aree di interesse ambientale, paesaggistico e naturalistico pur garantendo, come potremo constatare successivamente, il raccordo con la pianificazione territoriale in senso lato: l'unico caso simile, quello del Parco naturale del Ticino che vede interessate le regioni Lombardia e Piemonte, si distingue nettamente in quanto il versante lombardo del Parco coinvolge l'intero territorio di 46 comuni considerando pertanto il Parco come un vero e proprio strumento di pianificazione territoriale e andando ben al di là del significato, della definizione e dell'accezione che si danno generalmente all'istituto del parco.

Peraltro il Parco del Po piemontese si colloca di diritto nel solco della politica più volte richiamata di pianificazione sia nel momento in cui, a seguito di un'attenta lettura delle caratteristiche territoriali, individua già, nella propria legge istitutiva, una zonizzazione del territorio protetto, sia laddove si ricollega, per norma, ai processi di pianificazione territoriale più articolati e complessi definiti nell'attuale quadro giuridico vigente: su questo punto è opportuno soffermarsi in quanto la sovrapposizione tra gli strumenti di pianificazione territoriale previsti dalle diverse norme, sovrapposizione che può apparire molto complicata e di difficile attuazione, deve essere opportunamente impostata e coordinata per garantire gli effetti auspicati e peraltro tutti diretti al medesimo obiettivo e cioè quello del riequilibrio territoriale e del miglioramento ambientale. Deve essere ricordato che, oltre alla strumentazione urbanistica comunale, sono previsti, per l'area del Po, i piani territoriali provinciali, il Piano paesistico, il Piano d'area del Parco, il Piano di bacino, tutti strumenti che necessitano, ovviamente, di coordinamento tra le varie Autorità preposte.

Questa situazione venutasi a determinare per effetto della legge istitutiva del Parco tende peraltro a disegnare uno scenario territoriale futuro molto particolare ed innovativo rispetto alla situazione generale attuale dei corsi d'acqua italiani.

Infatti, attraverso la predisposizione di uno strumento di pianificazione territoriale denominato Piano d'area che, a norma della legge-quadro sulle aree protette, la 394/91, è strumento di primario rilievo sostituendosi a tutti gli altri strumenti territoriali che in esso vengono assorbiti e da esso vengono comunque sostituiti, si indirizzano le diverse politiche ad un obiettivo comune e cioè quello di garantire al fiume la

sua naturalità mediante la libertà che gli viene riconosciuta di divagare nel suo alveo. La libertà di divagazione, con gli ovvii limiti imposti dal buon governo del territorio che la pianificazione deve garantire, diviene pertanto il suggestivo obiettivo dell'operazione Po intesa come operazione di tutela e valorizzazione. Va subito detto e rimarcato, a scanso di equivoci, quanto appena ricordato e cioè che alla divagazione debbono essere imposti i limiti dovuti alla salvaguardia dei centri abitati e delle opere pubbliche, salvaguardia che può avvenire anche attraverso la realizzazione di opere, ma deve anche essere sottolineato che in questo approccio al problema non deve essere ritenuto scandaloso né fuori da ogni schema intervenire anche attraverso interventi tendenti a smantellare quelle opere e quei manufatti che non rispondono a questa logica e che pertanto costituiscono, da un lato, un freno al conseguimento dell'obiettivo e, dall'altro lato, anche un potenziale pericolo.

La divagazione del fiume, in queste condizioni, costituisce anche un interessante esperimento ed una verifica in relazione alle capacità naturali del sistema fluviale: valga ad esempio, in questo senso, il valore che può assumere la fitodepurazione rispetto ai problemi dell'inquinamento organico.

Partendo da questo obiettivo si è pertanto proceduto ad elaborare uno studio preparatorio per il Piano d'area del Parco, studio affidato ad un nutrito gruppo interdisciplinare di esperti: i risultati di questo lavoro sono stati messi a disposizione degli Enti Parco (tre Enti di diritto pubblico, ognuno dei quali con competenza definita e limitata ad un tratto di fiume, in considerazione della struttura anomala del Parco precedentemente richiamata) i quali, per legge, sono i soggetti titolati ad adottare lo strumento di pianificazione territoriale del Parco: a seguito dell'adozione del Piano da parte degli Enti, in analogia a quanto previsto per altri piani, si attivano immediatamente forme di salvaguardia e possono avviarsi le procedure di partecipazione al processo di pianificazione, procedure che vedono, attraverso l'elaborazione di puntuali osservazioni, i soggetti pubblici e privati interessati divenire soggetti attivi nel processo di formazione del Piano. Alla Regione spetterà il compito di approvare definitivamente questo strumento dopo che sarà stata esperita la fase di valutazione e di controdeduzione alle osservazioni pervenute.

Il Piano d'area che nascerà da questo procedimento avrà, come detto, una valenza di estrema rilevanza giuridica essendo strumento che si sostituisce ad ogni altro strumento di pianificazione di qualsiasi livello (comunale, provinciale, regionale, nazionale): tutte le politiche territoriali riferite al Fiume Po ed a quella parte di territorio ad essa circostante destinata a tutela attraverso l'istituto del Parco saranno orientate agli

obiettivi di salvaguardia ambientale disegnati dal Piano che assume perciò rilievo anche rispetto alle politiche agricole, a quelle di ricostituzione delle aree forestate, a quelle del sistema dei trasporti e delle relative reti infrastrutturali, a quelle urbanistiche, a quelle del recupero delle aree naturali, a quelle della fruizione pubblica del territorio del fiume e delle sue sponde.

Come già accennato questo strumento di pianificazione così complesso è strettamente collegato ad altri strumenti, quali il PTO (Progetto Territoriale Operativo) che per gran parte del territorio interessato si sovrappone al Piano d'area, il Piano di bacino di competenza dell'Autorità di Bacino istituita con la legge 183/89, il Piano territoriale etc., e costituisce l'elemento fondamentale sul quale potrà basarsi la corretta gestione dei tre Enti ai quali è affidato il governo del territorio protetto.

L'obiettivo finale di questa operazione è pertanto duplice: da un lato, conservare l'ambiente naturale e recuperare alla naturalità quanto possibile e, d'altro lato, organizzare il territorio per il suo migliore utilizzo e per la corretta fruizione da parte dei cittadini.

Ritengo comunque opportuno sottolineare, in questa sede, come l'operazione Po avviata dalla Regione Piemonte fin dal 1985 si collochi oggi in un quadro giuridico e normativo che dà sostanzialmente ragione a questa intuizione regionale: a titolo esemplificativo basta ricordare che la recentissima legge 37/94, risalente allo scorso mese di Gennaio, insieme alla legge 36/94 ad essa contestuale, introduce principi di tutela e di salvaguardia delle acque pubbliche impensabili soltanto dieci anni or sono e, tra questi, introduce anche una modificazione al Codice Civile laddove prevede che i terreni abbandonati del corso d'acqua non divengano di proprietà del frontista, ma divengano demanio dello Stato e pertanto proprietà pubblica. Questa norma eviterà per il futuro quegli interventi di modificazione voluta del percorso dei fiumi tendente a conquistare terreni alla proprietà privata.

Credo ancora che sia giusto ricordare come un progetto di tutela così ambizioso, pur se avviato dalla sola Regione Piemonte, non possa considerarsi un progetto di valenza regionale, ma che, per l'oggetto della tutela e per la sua portata, deve essere considerato un progetto di rilevanza nazionale: sarebbe pertanto auspicabile, anche attraverso l'intervento dell'Autorità di Bacino, che la politica di tutela innescatasi in Piemonte sul Po vada puntualmente estendendosi anche alle regioni Lombardia, Veneto ed Emilia-Romagna. Queste due ultime regioni sono peraltro direttamente coinvolte nel progetto di tutela previsto dalla legge 394/91 relativa alla formazione del Parco del Delta del Po, progetto che sta avanzando a piccoli passi e tra mille difficoltà.

In conclusione possiamo affermare che le politiche messe in moto

dall'istituzione del Parco del Po piemontese si muovono sui binari ormai confermati dal quadro normativo nazionale e che, se proseguiranno lungo la strada segnata e già intrapresa, potranno garantire al Po di conservarsi vivo e di restituirsi ad una utilizzazione di interesse pubblico esteso, ricomprendendo in questo interesse anche quelle attività economiche che vedono nel fiume il loro naturale referente e che potranno ancora esercitarsi e svilupparsi conché si conformino agli obiettivi generali precedentemente illustrati.

Le sistemazioni agrarie e l'assetto insediativo nel territorio polesano in età antica

Simonetta BONOMI^(*), Raffaele PERETTO^(**) & Enrico ZERBINATI^(***)

Abstract. - *The main sources concerning the ancient Po Delta — especially Polibio, Strabone, Plinio — and other “minor” historical-literary proofs are considered with special attention with reference to the town of Adria and to its nearby sea and fluvial waters. The value of these sources is more interesting from the point of view of physical geography than for the anthropical events they depict. Late research led in the Polesine area seems to confirm the picture handed down by the Ancients from both paleoenvironmental and archaeological points of view, providing further details and more specific documents.*

In this way we were able to reconstruct the image of ancient landscapes, continuously modelled by the changes of the Po branches. Man has managed to live actively in this amphibious surrounding, using natural resources and intervening with radical reclamations of the land.

As far as it concerned the pre-Roman Age (Greeks, Etruscan and, as it seems for the Venetians as well) archaeological findings show a settlement connected with fluvial guiding-lines and a distribution of population along the coast. No doubt this appears connected to a sort of trade economy. But this relative thickness also refers to a real management of the territory, which distinguishes the “logic” of peopling perceivable from VI-V century B.C. compared to that of the previous ages (for instance, the last period of the Bronze Age).

The demography of the Roman Age presupposes functional and organized interferences on the territory (such as roads, hydraulic works, agrarian distributions) which begin during the second half of II century B.C. These operations pursue the aim of an intensive exploitation of the land and, more generally, a systematic control of the natural environment. As far as we can say, the highest demographic density is to be found in the time span expanding from the last decades of I century B.C. to the first decades of II century A.C.

^(*) direttrice del Museo Archeologico di Adria.

^(**) direttore del Museo Civico delle Civiltà in Polesine.

^(***) vicepresidente dell'Accademia dei Concordi, docente nel Liceo Scientifico «Paleocapa» di Rovigo.

1. Le fonti letterarie

Prima che venga delineata la trama dell'antico popolamento e vengano descritti gli interventi che l'uomo, soprattutto in età romana, ha compiuto nel quadrante corografico che attualmente viene definito Polesine, non appaia superflua o inopportuna una rivisitazione, seppure cursoria, delle fonti letterarie che consentono di tracciare le linee essenziali del paesaggio e dell'ambiente nell'antichità, interessati dalle divagazioni e diversioni dei rami del sistema deltizio padano.

Sul delta del Po ci sono state tramandate tre testimonianze di notevole interesse, anche se di spessore e di qualità ben differenziati. È probabile che solo in parte esse corrispondano a fasi evolutive cronologicamente ben distinte della geomorfologia deltizia.

Lo storico POLIBIO (II, 16, 6-14 ed. Büttner-Wobst) è il primo dei Greci, verso la metà del II sec. a.C., a chiamare il grande fiume con il nome Po, a differenza dei poeti del passato che lo celebrano come Eridano. Egli riferisce, dopo un sopralluogo personale nella Valle Padana, che il Po si biforca nel territorio dei cosiddetti Trigaboli (presso Ferrara) e, conseguentemente, va a riversarsi in mare attraverso due bocche, una delle quali si chiama *Padóa* e l'altra *Olana*. Da questa seconda foce si può risalire il fiume per circa 2000 stadi. Inoltre sull'*Olana* si trova un porto la cui sicurezza non è inferiore a quella di nessun altro porto dell'Adriatico. Dagli indigeni il fiume viene detto Bodenco.

L'autorevolezza dell'attestazione di POLIBIO consiste nel fatto che essa nasce da una conoscenza autoptica dei luoghi. Per di più lo storico, quasi a voler insistere sulla veridicità e attendibilità delle sue informazioni, conclude la descrizione con parole polemiche contro i tragediografi greci per le loro leggende sul fiume collegate al mito fetonteo.

Si deve sottolineare che l'attenzione di POLIBIO è attirata soprattutto dall'*Olana*, che sembra acquisire agli occhi dello storico una importanza ben maggiore che la bocca meridionale della *Padóa*. Se ne può, forse, dedurre che nel II sec. a.C. il ramo dell'*Olana* era il più attivo e ricco d'acque, tanto che alla sua foce è dislocato un attracco che doveva giocare un ruolo commerciale di notevole rilievo verso l'entroterra. Che l'*Olana* sia da identificare con il ramo di Volano risulta anche da PLINIO IL VECCHIO, ma rimane problematica l'individuazione del suo percorso e della foce, come risulta arduo dislocare sul terreno il porto visto da POLIBIO. Occorre essere cauti nel voler trovare un immediato riscontro con l'attuale Po di Volano e con l'area dove in età medievale sorge l'abbazia di Pomposa. Alcuni studiosi hanno suggerito che il corso dell'*Olana* si protendesse verso Nord e che esso sia

riconoscibile nel tratto finale del Po di Ariano o di Goro, che scorre nell'area di S. Basilio di Ariano Polesine.

La seconda testimonianza viene ricavata da alcuni passi della *Geographia* di STRABONE (V, 1, 7, C 213-214 ed. Aujac-Lasserre) che scrive in età augusteo-tiberiana. Lo storico e geografo di Amasea, però, non ha visitato personalmente i luoghi della Padania e le sue notizie, benché puntuali e bene selezionate, sono libresche e di seconda mano: derivano da POSIDONIO di Apamea di Siria (135 ca. - 50 a.C.) e da ARTEMIDORO d'Efeso (vive verso il 100 a.C.). Ne consegue che la descrizione straboniana del delta e della Cisalpina orientale riflette una situazione idrografica da fare risalire all'incirca agli ultimi decenni del II sec. a.C. o al massimo agli inizi del I sec. a.C. Il Po si presenta come un fiume di difficile accesso e le sue bocche sono ostruite da detriti alluvionali. È difficile pensare che un tale stato di cose possa riguardare l'età augustea, quando a Ravenna viene stanziata una delle due flotte (l'altra era al Miseno) e la città è collegata con il Po attraverso la *Fossa Augusta*, di cui invano si cercherebbe un cenno nell'opera straboniana. Ma STRABONE ha il pregio di allargare il suo interesse a tutta una serie di dati (V, 1, 5 C 212) sulla frangia lagunare ricca di specchi d'acqua, di canali, di argini; sul fenomeno delle maree nella zona; sulle terre bonificate e coltivate; sui collegamenti fluviali; sulle caratteristiche urbanistiche di Ravenna che, per quanto costruita in mezzo alle paludi, gode di un'aria salubre straordinaria per il flusso e riflusso delle maree; sui vigneti che prosperano in area barenicola presso Ravenna; su Altino che presenta una condizione ambientale simile a quella di Ravenna; su Butrio e Spina ormai ridotta a piccolo villaggio lontano dal mare 90 stadi (oltre 16 km). Quest'ultima precisazione straboniana evidenzia il progressivo fenomeno di avanzamento della linea di costa. Per il Periplo dello Ps. SCILACE (IV sec. a.C.) Spina distava dal mare 20 stadi circa (3,5 km).

Di passaggio ricordiamo che il tema della *incredibilis salubritas* che caratterizza le città del litorale altoadriatico e del paesaggio lagunare ritorna in un celebre passo del *De architectura* di VITRUVIO (I, 4, 11 ed. ed. Fensterbusch). L'ambiente lagunare e il territorio che gli sta alle spalle (siamo ad oriente di Padova) sono tratteggiati con chiarezza ed essenzialità di linee anche nel famoso passo di LIVIO (X, 2, 5-6) che ricorda l'episodio, avvenuto alla fine del IV sec. a.C., dello spartano Cleonimo.

Ma si deve a PLINIO IL VECCHIO la trattazione più ampia sul delta del Po e sulla fascia costiera ad esso pertinente. Il passo della *Naturalis Historia* di PLINIO (III, 119-121 ed. Mayoff) è di una estrema complessità per lo stile compendioso ed involuto, per alcune incertezze del testo

tràdito, per la difficoltà di trovare corrispondenze tra gli idronimi nominati dal naturalista latino e quelli moderni e soprattutto perché il delta del Po «rappresentò per gli antichi, non meno che per noi, un problema assai difficile sul piano della conoscenza e della definizione» (TOZZI, 1987).

Colpiscono alcuni dati:

- 1) L'apparato deltizio antico, molto più vasto dell'attuale, si sfrangia con i suoi rami naturali e canali artificiali per un'ampiezza di 120 miglia tra Ravenna e Altino.
- 2) La dettagliata descrizione delle foci e dei rami deltizi procede da Sud verso Nord e riflette sostanzialmente una situazione tra I sec. a.C. e I sec. d.C.
- 3) Senza volere minutamente commentare il passo pliniano e senza cercare di individuare le possibili connessioni tra corsi antichi e moderni, occorre mettere in risalto che PLINIO focalizza il suo interesse non soltanto sul quadro ambientale e sugli elementi fisiografici (pensiamo alla dibattuta questione dei *Septem Maria*) ma fa riferimento o allusione alle grandiose opere di sistemazione idraulica realizzate in età augustea (settore meridionale del delta con la *fossa Augusta*), in età claudia (settore settentrionale, corrispondente all'attuale territorio di Cavarzere e Chioggia: *fossa Clodia* e *portus Aedro*) e in età flavia (*fossa Flavia* nel settore mediano del delta, in cui già erano intervenuti gli Etruschi). Questi lavori avevano lo scopo di regimare l'afflusso delle acque, ma anche di mettere in collegamento tra loro i vari rami naturali del delta e gli specchi lagunari, così da assicurare una comoda navigazione per acque interne e il facile accesso ai centri e alle stazioni itinerarie situate nel territorio deltizio (si tengano presenti le indicazioni dell'itinerario di Antonino del III sec. d.C. e della *Tabula Peutingeriana* del IV sec. d.C.: notiamo specifiche corrispondenze tra i toponimi della *Tabula* e gli idronimi di PLINIO).
- 4) Le foci in piena attività e più ricche d'acqua sono quelle del quadrante adriese e, in generale, veneto: la Carbonaria, le *Fossiones* e la Filistina. In questa area (v. il porto di Brondolo) viene a confluire e a concentrarsi un imponente volume di acque: quelle padane e quelle dei fiumi (Adige, Togisono). Il che sembra trovare conferme dalle recenti ricerche geomorfologiche e dai dati desunti dalla foto aerea.
- 5) Da non sottovalutare le "interpolazioni" di notizie storiche, tra cui ci limitiamo a ricordare i riferimenti all'insigne (*nobilis*) porto-canale di Adria che si apriva sui *Septem Maria* e la definizione di Adria come città etrusca.

A proposito di Adria, le testimonianze degli scrittori sono, almeno

apparentemente, contraddittorie. E ciò vale per il problema delle origini e per i popoli che l'hanno abitata, oltre che per la natura e le caratteristiche dell'antico centro.

Ci permettiamo in questa sede di segnalare soltanto la testimonianza estremamente significativa (VI-V sec. a.C.) di ECATEO DI MILETO (*F. Gr. Hist.*, 1 frg. 90 ed. Jacoby), tramandataci da STEFANO DI BISANZIO, in cui il logografo periegeta ci dice che Adria è una *polis*, è vicina al mare Adriatico ed è lungo il fiume omonimo: vale a dire che sono messe a fuoco le categorie geografiche e le premesse storico-culturali sulle quali si sono fondate nel corso dei secoli la vocazione e il destino di emporio commerciale di Adria.

2. Le azioni della natura e gli interventi dell'uomo

Nell'ultimo trentennio i particolari interessi rivolti ad indagini di carattere archeologico e paleoambientale hanno sensibilmente contribuito ad ampliare le conoscenze dell'antico territorio polesano, riconfermando e rivalutando ulteriormente il suo rilevante ruolo nell'ambito dei processi culturali ed economici gravitanti nella Bassa Padania, dalla protostoria a tutta la romanità.

Per quanto l'area deltizia e l'immediato entroterra fossero governati dai deboli equilibri di una estesa regione in cui trovavano sfogo le periodiche vicende idrografiche delle ultime diramazioni padane e per quanto, ancora, le terre si configurassero incerte ed instabili in paesaggi anfibi, più propensi a trattenere le torbose alluvioni che a facilitarne il deflusso, i problemi imposti dalla natura non impedirono all'uomo di giungere a compromessi e di adeguarsi, quasi in simbiosi con l'ambiente, allo scopo soprattutto di sfruttare le potenzialità, alternativamente rappresentate da importanti fiumi per i commerci e da fertili terre per l'agricoltura e l'allevamento.

Queste considerazioni, già deducibili dai sorprendenti risultati emersi dalle ricerche specificatamente archeologiche, hanno trovato progressiva conferma in concrete azioni rivolte alla scoperta delle linee portanti di paesaggi sepolti e alla definizione temporale dei traumi e degli sconvolgimenti che ne determinarono e condizionarono le naturali evoluzioni negli ultimi 3000 anni (fig. 1).

Particolarmente influenti sull'assetto fisico dell'antico territorio risultarono essere le vicende legate al corso d'acqua conosciuto con il nome di Po di Adria. L'evidente dosso fluviale, emergente qualche metro rispetto al piano campagna circostante, permette di ricostruire il tragitto dell'antico fiume, attraverso tutta l'area polesana da Ostilia fino

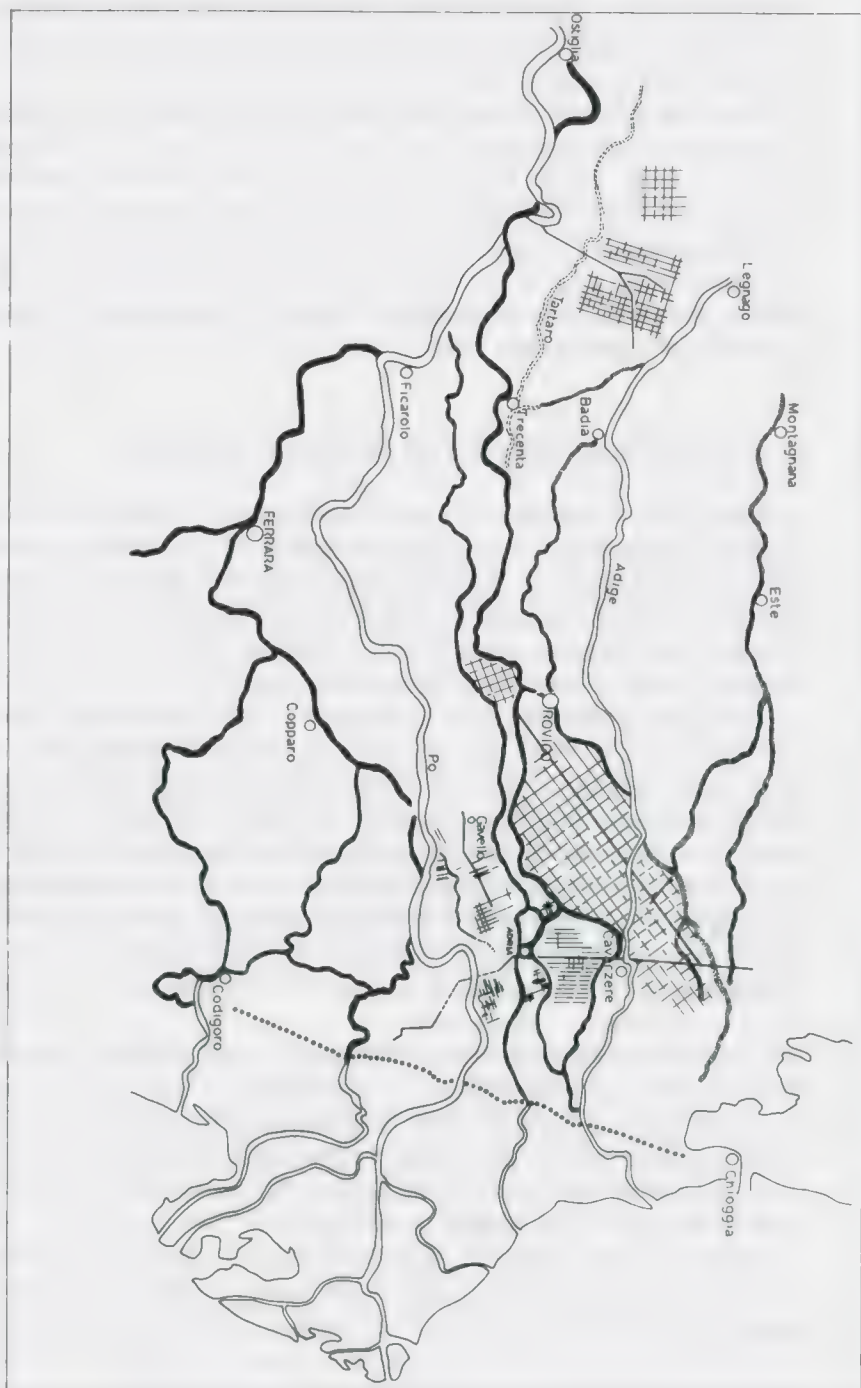


Figura 1 - Schema paleoambientale del territorio polesano e delle aree immediatamente limitrofe. Sono evidenziati i principali paleovalvei del Po e dell'Adige e gli interventi territoriali effettuati dai Romani.

a Rovigo, prima di inoltrarsi con due distinti rami verso Adria e l'area meridionale della Laguna Veneta. L'antichità del grande fiume è confermata dalla presenza lungo il corso o nelle immediate vicinanze di insediamenti protostorici, tra i quali emergono Frattesina di Fratta Polesine (XII-IX sec. a.C.) ed Adria (VI-IV sec. a.C.).

Sebbene intorno all'VIII sec. a.C., a seguito di peggioramenti climatici e dell'imponente rotta di Sermide, il Po piegasse più a Sud buona parte delle acque, andando ad incrementare il Volano e il Primario, i due principali rami continuarono a registrare anche in età romana sufficienti attività, tanto da continuare a configurare particolari situazioni ambientali che condizionarono le radicali opere di bonifica e le regolari ripartizioni del suolo. Se le mutate condizioni idrografiche portarono in parte al lento e naturale riempimento solido degli alvei, un contributo notevole a mantenere ancora attivi i corsi padani più settentrionali fu offerto dal Tartaro. Esso, incrementando la sua portata, facilitò anche il drenaggio della Valli Grandi Veronesi e dell'area altopolesana liberando dalle paludi vaste terre che con i Romani furono interessate da un'organizzata antropizzazione. Questa nuova situazione idrografica non fu però così netta e definitiva. Dal punto di vista geomorfologico, infatti, il quadro paleogeografico dell'area più meridionale del Polesine evidenzia chiare fasi di sviluppo di antichi idrografie strettamente legate al Po e attive prima della sua definitiva impostazione nell'odierno alveo. In particolare la Pestrina e il Poazzo potrebbero rappresentare fasi di migrazione del fiume verificatesi per tutta la romanità e momenti di ripresa delle abbondanti acque che nel Medio Evo dettero l'avvio all'assetto idrografico attuale, culminato nel XII sec. con la "rotta di Ficarolo". Il generale e complesso sconvolgimento dei corsi d'acqua determinò gravi problemi di drenaggio naturale e il conseguente impaludamento di buona parte della Bassa Padania.

Oltre alle idrografie del Po e del Tartaro non sono da trascurare in area polesana i rami più meridionali e non certo secondari dell'Adige: l'altro fiume che con le sue fasi evolutive condizionò e favorì fin dall'antichità le scelte dei nuclei insediativi. Per quanto l'attuale corso sembri in parte rappresentare il momento finale del suo naturale sviluppo idrografico, si ritiene che già in epoca romana il ramo atesino più meridionale scorresse in corrispondenza dell'Adigetto, con diramazioni tra Badia e Rovigo prima di confluire nella marcata rete idrografica padana.

Ma la lettura dell'antico paesaggio risulta piuttosto suggestiva e ricca di stimoli per l'approfondimento delle indagini, soprattutto se riferita agli interventi operati dall'uomo in epoca romana. Per questo periodo,

infatti, è stato possibile ricucire le tessere di disegni agrari sepolti delineati entro marcate morfologie, quasi in simbiosi con il relativo assetto ambientale e particolarmente significativi anche per la gestione politica ed economica del territorio. Gli interventi, tra l'altro, oltre che essere stati dettati dalla necessità prima di adeguare vaste aree allo sviluppo demografico, attraverso attenti e corretti programmi di bonifica del suolo potenzialmente ricco di risorse, erano direttamente legati ad importanti vie di comunicazione sia fluviali che terrestri.

Un impulso determinante alle ricerche, i cui risultati sono sfociati in una serie di contributi scientifici alternatisi in questi ultimi anni, è stato dato dall'analisi e dall'interpretazione di foto aeree che hanno permesso di evidenziare, anche con particolare chiarezza, strutture territoriali non altrimenti identificabili nella loro estensione areale e tali da confermare quanto l'*ager* adriese fosse stato profondamente partecipe della politica espansionistica romana.

Nel delta padano già gli Etruschi intervennero certamente in alcune aree di per sé particolari e favorevoli, senza forse inquadrare le opere in un generale programma di gestione ambientale.

Furono i Romani a lasciarci le più antiche tracce di sistematici e radicali interventi rivolti ad una vera e propria pianificazione territoriale. Essi per consentire un controllo idrico dei principali corsi d'acqua ed una adeguata irrigazione dei campi coltivati, furono necessariamente costretti ad opere di bonifica, sistemando le naturali arginature fluviali, riprendendo e rettificando antichi alvei, impostando *ex novo* in alcune aree una capillare rete di canali e scoli. Tutto questo in funzione pure di un consono utilizzo della navigazione interna, che soprattutto verso le foci fluviali doveva creare non pochi problemi a causa della continua evoluzione e dell'instabilità della fascia costiera.

Certamente l'opera più sorprendente è quella dell'estesa centuriazione ancor oggi impressa nella memoria della terra, in un paesaggio sepolto che traspare nella foto aerea, discorde dall'attuale ripartizione territoriale. Stando alle lineazioni intraviste e alla parziale attendibile ricostruzione a Nord del corso odierno dell'Adige il reticolo si estende per oltre 200 km² e risulta chiaramente delimitata dai due paleoalvei legati alle diramazioni più settentrionali del sistema deltizio padano, al limite di antiche aree paludose ad Est di Adria. Il decumano massimo è chiaramente rappresentato dal largo tracciato stradale (25 m, 30-40 m con i fossati laterali) che, con direzione Sud Ovest-Nord Est, dai pressi di Rovigo raggiunge, dopo un percorso di oltre 22 km, la località Monsole, a Nord di Cavarzere. La sua collocazione all'interno della centuriazione e lo stesso orientamento sono in stretta relazione con l'antica morfologia dell'area. Il decumano, infatti, è impostato lungo

l'asse del bacino interfluviale dei due paleoalvei padani, di cui segue il generale orientamento, rappresentando anche, con i suoi marcati fossati laterali, la principale azione di deflusso artificiale delle acque superficiali.

È probabile che per i motivi di regolamentazione idraulica e per esigenze di carattere territoriale sia stato determinante impostare la centuriazione secondo il modulo atipico di maglie quadrate, che in questo caso misurano 27 *actus* per lato. Forse si è ritenuto opportuno ampliare la superficie più usuale delle maglie con 20 *actus* per lato al fine di infittire il sistema minore di viabilità e di drenaggio all'interno delle centurie, nella convinzione di meglio dominare e controllare un territorio dell'idrografia instabile e complessa.

Si può dedurre che la pertica, pur rappresentando nei suoi aspetti socio-economici un'organizzata sistemazione catastale, fosse stata innanzitutto concepita come imponente opera di bonifica in un settore nevralgico dell'antico delta padano.

Nella particolare attenzione a questi luoghi, non poteva certo essere trascurata o sottovalutata la piena efficienza della vicina Adria, sede del *municipium*, dotata di "nobile porto".

I Romani, nella scia forse di opere avviate dagli Etruschi, dovettero necessariamente intervenire nell'area intorno alla città lagunare, interessata da una serie di idrografie legate alle ulteriori diramazioni del Po in prossimità della foce. Grazie ancora alla fotografia aerea si è potuto accertare che entro le zone limitate dai paleoalvei più evidenti e marcati sono presenti interventi territoriali, rappresentati da fossati e sentieri rettilinei, distribuiti in plessi molto fitti. Sulla base dell'orientamento delle lineazioni, parallele ed ortogonali tra loro, si sono definite almeno tre distinte opere di bonifica del suolo: a Nord, ad Est e a Sud-Ovest di Adria. La direzione dei limiti agresti risponde in pieno alla pendenza del terreno e alla configurazione del paesaggio fossile, caratterizzato dalla presenza di corsi d'acqua in aree disponibili e tendenzialmente vallive, attigue tra l'altro, alle *Atrianorum paludes quae Septem Maria appellantur*, citate da PLINIO. L'opera, pertanto, era stata concepita nel preciso intento di facilitare il drenaggio delle acque superficiali e garantire lo sfruttamento agricolo del suolo. Ma c'è da rilevare che i tre distinti interventi sono inoltre interessati dalla presenza di altrettante vie di epoca romana: le note *Popillia* ed *Annia* ed inoltre la "via per Gavello", quest'ultima probabilmente in relazione con percorsi verso il Veronese e l'area emiliana. Se ne deduce che le opere di bonifica fossero rivolte anche a salvaguardare l'agibilità dei percorsi stradali e, fatto questo non secondario, offrire sufficiente sicurezza idraulica alla vicina sede municipale e al suo porto fluviale.

Molto probabilmente la situazione ambientale andò peggiorando fin dall'inizio del III sec. d.C. a causa di fattori naturali e politico-sociali. Un nuovo periodo di intensa piovosità determinò, infatti, generali dissesti idrologici con il conseguente aumento delle zone paludose, mentre la crisi politica di Roma aveva da tempo portato a trascurare gli interventi diretti alla gestione del territorio.

Ridotta nell'estensione si presenta anche un'altra parcellazione agraria, immediatamente a Sud-Ovest di Rovigo, in un'area che ha dato sorprendenti riscontri archeologici come evidenziano i risultati degli scavi condotti alcuni anni or sono nella necropoli etrusca di Balone. La zona in questione si delinea all'interno di un ristretto bacino interfluviale venutosi a creare con l'evoluzione idrografica del Po e risulta interessata da numerose testimonianze archeologiche che abbracciano un lasso di tempo compreso tra il V sec. a.C. e il IV d.C. Anche in questo caso il disegno agrario, riferibile all'epoca romana, si presenta razionalmente imposto secondo l'originaria configurazione territoriale.

Per quanto relativi ad un'area marginale a quella in esame, un cenno meritano i riscontri emersi dalle ricerche condotte nelle Valli Grandi Veronesi, dove ancora una volta l'attuale bonifica lascia chiaramente trasparire nella foto aerea memorie di paesaggi sovrapposti e differenti, intervallati da distinti sistemi di organizzazione del suolo, impostati dai Romani secondo le linee portanti dell'antico drenaggio dei corsi d'acqua.

I segni sinuosi dei fiumi scomparsi e le deboli, rettilinee cicatrici dei limiti centuriali lasciano comunque intravedere, ancora una volta, la fragilità delle terre, tendenzialmente a rischio, propense all'insidia dell'impaludamento non appena si riduca o, ancor peggio, venga a mancare l'attenta opera dell'uomo, rivolta a dosare opportunamente le forze regolanti il precario equilibrio naturale.

Accorgimento questo ancor oggi essenziale in rapporto al marcato grado di rigidità ambientale, imposto dalle recenti bonifiche che solo negli ultimi secoli giunsero a configurare l'attuale assetto territoriale, dopo i drastici eventi medioevali, determinati da sfavorevoli azioni naturali e favoriti da problemi di carattere sociale e politico.

3. Dinamiche del popolamento

Dai dati archeologici attualmente disponibili risulta che l'interesse per il corso del Po, nel caso specifico il tronco finale del "Po di Adria", come possibile dorsale insediativa iniziò nell'ambito dell'Alto Polesine con i secoli a cavallo tra II e I millennio a.C. Gli abitanti di Frattesina

di Fratta Polesine e di Villamarzana si disposero infatti, insieme ad altri minori ancora poco noti, nei pressi delle rive del grande fiume, sfruttando — soprattutto il primo — tutte le potenzialità mercantili di una via d'acqua che collegava il Mare Adriatico alle Alpi, attraversando una delle maggiori pianure continentali.

Le ricerche di superficie e gli scavi archeologici hanno, infatti, rivelato come a Frattesina si fosse insediata tra il XII ed il IX sec. a.C. una pacifica popolazione dedita ad attività artigianali ed a scambi commerciali di dimensione mediterranea. L'ambra, la preziosa resina fossile di origine baltica, assai ricercata nell'antichità per le sue pretese qualità taumaturgiche, giungeva qui dal lontano Settentrione europeo per esservi lavorata e poi esportata in Grecia. Dal Mediterraneo orientale arrivavano le uova di struzzo, dall'Africa l'avorio. Una delle attività peculiari di Frattesina, la lavorazione della pasta vitrea, impiegava certamente artigiani e materiali locali, ma si era sviluppata da una tecnologia di indubbia origine orientale. Materiali semilavorati ed oggetti finiti, in particolare le fibule rinvenute sia nelle tombe che in ripostigli di fonditori, realizzati in bronzo documentano rapporti stretti ed intensi con zone lontane dell'Italia, come l'Etruria mineraria, il Lazio e l'Umbria, la Sicilia e le Isole Lipari, la Puglia. In sintesi con Frattesina si inaugurò per il territorio intorno all'asta terminale del Po e per il suo delta un ruolo predominante di cerniera tra Settentrione europeo ed Oriente mediterraneo che durò più di un millennio.

Gli sconvolgimenti idrografici degli inizi dell'età del ferro, evidenziati dalla cosiddetta «rotta di Sermide», ma anche la crisi dell'equilibrio etnico-politico fino ad allora vigente nel Mediterraneo portarono al collasso di Frattesina e degli altri centri sorti lungo il Po di Adria. Per quasi due secoli, almeno apparentemente, tacquero gli insediamenti in Polesine. Con la prima metà del VI sec. a.C., in un periodo di ritrovata stabilità sia ambientale sia politica, inizia una nuova fase di splendore, rappresentata da diversi protagonisti, ma con caratteristiche immutate rispetto a quella dell'età del bronzo finale. Mercanti greci, di origine corinzia e corcirese, iniziano a risalire nuovamente il Mare Adriatico ed a porre le proprie basi nel delta padano. Allo stesso scopo scendono da Nord i Veneti. Ancora una volta è l'ambra a giocare un ruolo chiave, tanto importante da produrre nella fantasia ellenica una serie di miti. Ma pure la straordinaria feracità del suolo, quasi favolosa per l'enfasi con cui le fonti letterarie la sottolineano, attribuisce alla zona un'importanza strategica per l'approvvigionamento del grano. I rapidi collegamenti con il comprensorio alpino e con quello appenninico facilitano inoltre il commercio dei metalli semilavorati. Ed infine un motivo non secondario d'interesse è costituito dai cavalli allevati dai Veneti, famosi e pregiati.

Nasce allora su quello stesso ramo padano ove sorse Frattesina, benché non fosse più il principale del delta, una vera e propria città, Adria, distante una diecina di chilometri dalla costa, tanto importante da dare il nome al proprio mare. L'elemento propulsivo di questo sviluppo è in realtà rappresentato dagli Etruschi, che nel corso del VI sec. a.C. completano il proprio dominio sulla Pianura Padana ed ovviamente non trascurano di insediarsi stabilmente sul suo sbocco a mare. A loro si deve la fondazione dell'altro centro urbano del delta, Spina, che sorge pochi decenni dopo Adria sul ramo principale del Po, a pochi chilometri dalla costa e ben collegata alla capitale, Felsina.

Avvezzi a trattare con i Greci, affascinati dalla loro civiltà, gli Etruschi sono i migliori clienti degli artigiani del Ceramico di Atene. I preziosi vasi attici a figure nere e a figure rosse, elemento qualificante degli scambi commerciali, rinvenuti in gran numero a Spina e ad Adria, lo testimoniano in maniera evidente. Sono reperti che caratterizzano anche i non pochi centri minori, sorti nel VI e nel V sec. a.C. lungo rami padani secondari, sia verso la costa come S. Basilio di Ariano Polesine e Ca' Zen di Taglio di Po, sia nell'entroterra come Balone, S. Cassiano e Gavello. La crisi politica ed economica che colpisce Atene, principale interlocutrice commerciale, e l'invasione dei Celti che travolge l'Etruria padana comportano nel IV sec. a.C. una contrazione dei traffici commerciali nel Delta del Po, area che comunque resta di tale importanza da attrarre le mire espansionistiche del tiranno Dionigi il Vecchio di Siracusa per un breve periodo.

Nei secoli successivi, precedenti la romanizzazione, Spina si spegne, mentre Adria conserva — per quanto in tono minore — il suo ruolo di porto commerciale etrusco. Con il II sec. a.C. i Romani cominciano a comparire sulla scena, dapprima con discrezione, costruendo alla fine di esso l'asse viario portante del delta, trasversale alle foci, la via Popillia. Alla metà del secolo successivo la sottomissione a Roma, apparentemente incruenta, si conclude con la creazione dei *municipia* di Adria e di Ravenna, iscritti alla medesima tribù, la Camilia.

L'approccio dei Romani a questo difficile territorio è del tutto nuovo. Se da una parte gli abitanti di Frattesina si adattarono alla geografia dei luoghi, dall'altra è vero che gli Etruschi intervennero, scavando canali, sull'idrografia dell'area deltizia. Ma uno sforzo così determinato e così imponente di piegare gli elementi naturali alle necessità dell'uomo quale fu quello che intrapresero i Romani bonificando il Polesine non ha paragoni. Ne conseguì un'esplosione demografica senza precedenti, documentata dalle migliaia di siti, per lo più riferibili a modeste ville rustiche, individuati nella provincia di Rovigo (fig. 2). La parcellizzazione in piccole e medie proprietà non trova riscontri invece

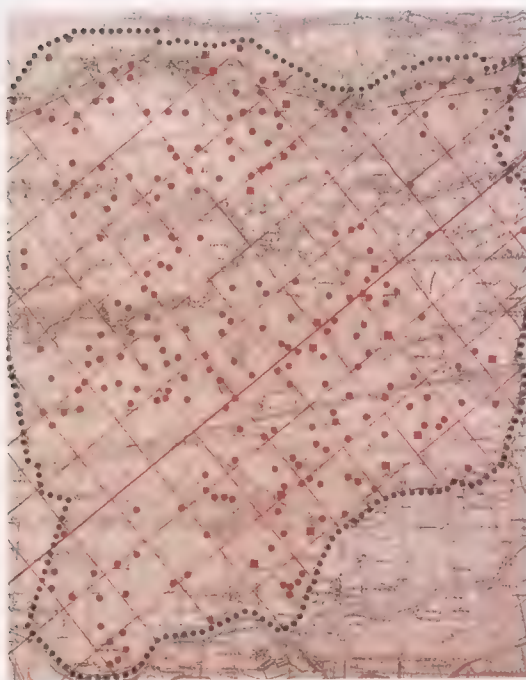


Figura 2 - Particolare della distribuzione insediativa di epoca romana nel territorio di Villadose, tra Rovigo ed Adria, all'interno della centuriazione, sulla base delle ricerche di superficie condotte dal Gruppo Archeologico di Villadose.

nell'attuale provincia di Ferrara, dove finora non sono state individuate centuriazioni, organizzata piuttosto in vaste proprietà fondiarie, i *saltus*, alcune addirittura pertinenti al fisco imperiale, caratterizzate non solo da un'agricoltura estensiva, ma anche da attività produttive a fini commerciali.

Un sistema di tale portata può durare solo in presenza di una compagine forte ed efficiente, che assicuri le gigantesche opere di manutenzione sempre necessarie. Infatti al primo segno di crisi dell'impero romano, tra la seconda metà del II sec. d.C. e gli inizi del III sec. d.C., questo sistema crolla: pochi insediamenti rustici restano in vita, in genere quelli collocati in posizione strategica lungo le principali vie di comunicazione, come verso la costa S. Basilio di Ariano Polesine e Corte Cavanella di Loreo, oppure Chiunsano di Ficarolo all'interno. Per il resto le acque riconquistano il loro dominio incontrastate.

Se Ravenna andrà acquisendo sempre maggiore importanza, come

sede della flotta imperiale prima, addirittura come capitale dell'impero poi, Adria si andrà spegnendo, pur senza scomparire come centro di dignità urbana, visto che nell'alto medioevo diverrà sede episcopale.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1986), *L'antico Polesine. Testimonianze archeologiche e paleo-ambientali*, Padova.
- AA.VV. (1989), *Atria. Siti di interesse archeologico in territorio polesano*, Rovigo.
- AA.VV. (1992), *Carta archeologica del Veneto*, vol. III, Modena.
- AA.VV. (1993), *La centuriazione dell'agro di Adria*, Stanghella.
- ALFIERI N., *Strabone e il delta del Po*, Padusa, XVII, 1981, 3-11.
- ALFIERI N., *Le fonti letterarie*, in: «Storia di Ferrara, III. L'età antica (II). IV a.C.-VI d.C., tomo II, Ferrara 1989», 657-682.
- BONDESAN M., *L'area deltizia padana: caratteri geografici e geomorfologici*, in: «Il Parco del delta del Po. Studi ed immagini. L'ambiente come risorsa, Ferrara 1990», 9-48.
- BONOMI S., *Gli scavi di Francesco Antonio Bocchi nell'abitato arcaico di Adria*, in: «A. LODO (a cura di), Francesco Antonio Bocchi e il suo tempo. 1821-1888», in: «Atti del XVI Convegno di Studi Storici organizzato dall'Associazione Culturale Minelliana con il patrocinio della Regione Veneto e della Deputazione di Storia Patria delle Venezie, Adria 21-22 Aprile 1990, Rovigo-Stanghella (PD)», 75-85.
- BOSIO L., *Note per una propedeutica allo studio storico della laguna veneta in età romana*, Atti Ist. Ven. SS.LL.AA., Cl. Sc. mor. lett. ed arti, tomo CXLII, 1983-1984, 95-126.
- BOSIO L. (1991), *Le strade romane della Venetia e dell'Histria*, Padova.
- BRACCESI L. (1977), *Grecità adriatica. Un capitolo della colonizzazione greca in Occidente*, Bologna.
- BRACCESI L. (1990), *L'avventura di Cleonimo a Venezia prima di Venezia*, Padova.
- CASTIGLIONI G.B., *Il ramo più settentrionale del Po nell'antichità*, Atti Mem. Acc. Pat. SS.LL.AA., XC, 1977-78, Parte III, 157-164.
- CHEVALLIER R. (1988), *Geografia, archeologia e storia della Gallia Cisalpina. Il quadro geografico*, Torino.

- COLONNA G., *I greci di Adria*, Rivista storica dell'antichità, IV, 1974, 1-21.
- DE MIN M., *Adria antica*, in: «A. ASPES (a cura di), Il Veneto nell'antichità. Preistoria e protostoria, II, Verona 1984», 809-830.
- DE MIN M., *Adria*, in: «G. CAVALIERI MANASSE (a cura di), Il Veneto nell'età romana, II, Note di urbanistica e di archeologia del territorio, Verona 1987», 257-268.
- DE MIN M., *L'abitato arcaico di S. Basilio*, in: «R. DE MARINIS (a cura di), Gli etruschi a Nord del Po», II, Mantova 1987», 84-91.
- FOGOLARI G. & SCARFI B.M. (1970), *Adria antica*, Venezia.
- GUARDUCCI M., *Adria e gli Egineti*, in: «Scritti storico-epigrafici in memoria di Marcello ZAMBELLI, Assisi 1978», 175-180.
- MASTROCINQUE A., *La fondazione di Adria*, in: «Antichità delle Venezie (Studi di Storia e Archeologia sulla protostoria e sull'età romana nell'Italia nord-orientale), Este 1990», 37-58.
- MASTROCINQUE A. (1991), *L'ambra e l'Eridano (Studi sulla letteratura e sul commercio dell'ambra in età preromana)*, Este.
- PELLEGRINI G.B. & PROSDOCIMI A.L. (1967), *La lingua venetica*, I-II, Padova-Firenze.
- PERETTI A. (1994), *Dall'Eridano di Estodo al Retrone vicentino. Studio su un idronimo erratico*, Pisa.
- PERETTO R., *Ambiente e strutture antropiche nell'antico Polesine*, in: «L'antico Polesine. Testimonianze archeologiche e paleoambientali, Padova 1986», 21-100.
- PERETTO R., in: «C. MUNARI (a cura di), Padus. La lunga storia del delta, Piazzola sul Brenta (PD) 1990», 9-12, 48-51.
- PERETTO R. & ZERBINATI E., *Il territorio polesano*, in: «G. CAVALIERI MANASSE (a cura di), Il Veneto nell'età romana, II, Note di urbanistica e di archeologia del territorio, Verona 1987», 271-289.
- ROSADA G., *La direttrice endolagunare e per acque interne nella decima regio maritima: tra risorsa naturale e organizzazione antropica*, in: «La Venetia nell'area padano-danubiana. Le vie di comunicazione, Convegno Internazionale Venezia 6-10 Aprile 1988, Padova 1990», 153-182.
- SARTORI F., *Mario e i Cimbri nell'«Anonymus Matritensis»*, in: «Alte Geschichte und Wissenschaftsgeschichte. Festschrift für Karl Christ zum 65. Geburtstag, Darmstadt 1988», 411-430.
- TOZZI P. (1987), *Memoria della terra. Storia dell'uomo*. Firenze.
- TRAINA G. (1988), *Paludi e bonifiche del mondo antico. Saggio di archeologia geografica*, Roma.

- UGGERI G. (1975), *La romanizzazione dell'antico delta padano*, Ferrara.
- UGGERI G., *Aspetti archeologici della navigazione interna nella Cisalpina*, AAAd, XXXVI, 1990, 175-196.
- VEGGIANI A., *Il ramo del Po di Adria nella tarda Età del Bronzo*, Padusa, VIII, 1972, 123-136.
- VEGGIANI A., *Le variazioni idrografiche del basso corso del Fiume Po negli ultimi 3000 anni*, Padusa, X, 1974, 39-60.
- VOLTAN C., *Le fonti letterarie per la storia della Venetia et Histria. I: da Omero a Strabone* Mem. Ist. Ven. SS.LL.AA., Cl. Sc. Mor. Lett. ed Arti, vol. XLII, Venezia 1989.
- ZERBINATI E. (1982), *Edizione archeologica della Carta d'Italia al 100.000. Foglio 64. Rovigo*, I.G.M., Firenze.
- ZERBINATI E., contributi in: «C. MUNARI (a cura di), *Padus. La lunga storia del delta, Piazzola sul Brenta (PD) 1990*», 13-47, 52-65.

Venezia e la regolamentazione delle acque del Po. Testimonianze ed itinerari archivistici

Giustiniana MIGLIARDI O'RIORDAN COLASANTI^(*)
& Adriano MAZZETTI^(**)

Abstract. - *The general water management, i.e. not limited to sea and lagoon, was always regarded by the Venetian Republic as one of the main aspects of their government policy. Indeed, the principle of the possible defending of coastal strips and lagoons by regulating the flow of rivers in constantly stressed in the decrees of the consigli and the magistrature, the Venetian governmental bodies.*

From the origins to the XV century included, no specialised body dealt with this problem. Such bodies only began to operate in the late XV century — first temporarily, for ad hoc interventions, then in a continuous way — through the provisores super aquis, adsorbed by the savi alle acque in 1502, later called savi ed esecutori alle acque and assisted by the collegio solenne. In the total respect of the fundamental Venetian principle of task division and mutual control, this organism gathered various institutional authorities, simultaneously enabled to promulgate laws and to plan and enforce technical interventions. As can be read in reports, its members or other extraordinary provveditori ad hoc were often sent outside Venice to carry out inspections for gathering information.

Another, very important feature was the work of the proti, a group of technicians, engineers and architects, often internationally known, helping the magistrato. Together with their memories, they left a rich set of maps and charts, which are kept at the Archivio di Stato in Venice.

Although these maps mainly concern the problem of water management and monitoring, many other issues are also dealt with, reflecting the vast responsibilities of the magistrato. Among these: fishing, water utilisation through mills, water communication ways, reclaiming of the land, and the evolution of the relation between water and earth, that is, of the delicate balance in which Man can intervene by doing a lot, but not all.

We shall not further insist here on the specific tasks of this magistratura, both because this does not fall within our scope, and because the issue has already been deeply studied (see footnote for the most relevant bibliography). Suffice it to emphasise that, also in the case of water management, the principle of cooperation with other bodies particularly contributed to the efficiency of the Venetian government and administration.

^(*) vicedirettore dell'Archivio di Stato di Venezia.

^(**) direttore dell'Accademia dei Concordi di Rovigo.

Keeping in mind the strong interaction among the various institutional activities is indeed vital in order to locate the relevant documents kept in the Archivio di Stato in Venice. As regards the River Po, beside the savi ed esecutori alle acque and the general series of deliberazioni of the Senato and of the Consiglio dei X, a research shall also necessarily concern the following records: provveditori da terra e da mar, provveditori sopra beni inculti, provveditori alle biave, provveditori alle camere dei confini, and, above all, the letters sent to Venice by the delegate of the central administration in Polesine (in Senato and Capi Consiglio dei X, series Dispacci), as well as the official reports read by the same delegate at the end of his mandate (in Collegio, series Relazioni).

This will enable the research to understand the strong link not only among the magistrature, consigli centrali and rettori del Polesine — «a land resurrected from water» carrying out «an eternal competition against her very food» as is written in the last collection mentioned, that I have analysed — but also, and mainly, between the rettori themselves, always respectful of local autonomies, and the society and urban institutions in Polesine.

Here follows a list of the main issues dealt with the strengthen and prolonge this cooperation, aiming both at repairing the damage caused by the river water, and the planning prevention works.

L'amministrazione della Repubblica Veneziana considerò sempre la gestione delle acque come una delle materie cui prestare maggior attenzione. Questa non riguardava soltanto il mare e la laguna ma, come viene documentato nelle deliberazioni dei consigli e delle magistrature, era generalizzata ed il principio, secondo il quale la difesa dei lidi e delle lagune comportava in primo luogo l'organizzazione del deflusso delle acque fluviali, risulta essere sempre valido.

Dalle origini a tutto il secolo XV la materia non fu governata da organi specifici: essi cominciarono ad operare, dapprima provvisoriamente, soltanto in occasioni particolari, poi, negli ultimi decenni del Quattrocento, in maniera continua. Le competenze, e di conseguenza anche le carte, dei *provisores super aquis* vennero assorbite nel 1501 dal magistrato dei *savi alle acque* — poi *savi ed esecutori* — affiancato dal *collegio solenne*, la cui composizione, nel rispetto della divisione dei compiti e del reciproco controllo, così importante per l'opera di governo veneziana, risulta formata da più entità istituzionali che possono così autoregolarsi, intervenendo ad un tempo con la legislazione e con una competente attività tecnica. I suoi stessi membri infatti, o i provvedimenti *straordinari ad hoc nominati*, venivano spesso inviati in sopralluogo dove era più utile la loro presenza, come si legge soprattutto nelle relazioni e nei dispacci da questi spediti a Venezia.

Né può essere tralasciata l'importantissima ed efficace opera dei

proti e dei tecnici, ingegneri ed architetti, il più delle volte di fama internazionale perché chiamati a dare consulenza in tutta Europa, che, tra la documentazione conservata all'Archivio di Stato di Venezia oltre alle memorie tecnico-scientifiche, hanno lasciato un copioso *corpus* cartografico.

Se in queste mappe il problema dell'organizzazione delle acque risulta essere il più ricorrente, in esse vengono evidenziati anche altri numerosi temi che riflettono l'ampia competenza della magistratura, come ad esempio quella sulla pesca, quella sul riutilizzo dell'acqua dei mulini, quella sulle vie acquedotti di comunicazione, quella sulle bonifiche ed infine quella sull'evoluzione del rapporto acqua-terra, sulla dinamica cioè dell'equilibrio dove l'uomo può molto ma non tutto⁽¹⁾.

Non si vogliono comunque qui analizzare le specifiche competenze di detta magistratura sia perché non è questa la sede per farlo — si darà pertanto in nota la bibliografia più significativa⁽²⁾ — sia perché l'argomento è stato ampiamente trattato, ma importa invece sottolineare ancora una volta come anche nella gestione delle acque il principio della collaborazione con gli altri organi abbia reso l'amministrazione veneziana particolarmente efficiente. È infatti necessario mettere in evidenza tale forte interdipendenza tra documenti prodotti dalle differenti magistrature perché solo conoscendolo a fondo si saprà *dove e come* cercare tra le carte conservate nell'Archivio di Stato di Venezia.

Riguardo allo specifico caso del Fiume Po, oltre che dunque nei fondi dei *savi ed esecutori alle acque* e nelle serie generali delle *deliberazioni del Senato e del Consiglio dei X*, sarà indispensabile condurre un'indagine congiunta anche nei fondi archivistici dei *provveditori da Terra e da Mar*, dei *provveditori sopra beni inculti*, dei *provveditori alle biave* e dei *provveditori alla camera dei confini*. Ancora, soprattutto in *Collegio*, alla serie *relazioni*⁽³⁾, i resoconti ufficiali che il delegato del-

⁽¹⁾ Si vedano al riguardo i saggi di E. BEVILACQUA, *Il territorio veneto attraverso la cartografia*, introduttivo al catalogo della mostra *Laguna, lidi, fiumi. Cinque secoli di gestione delle acque*, organizzata dall'Archivio di Stato di Venezia nel 1983 e di E. CASTI MORESCHI, *L'immagine antica e il territorio: uno strumento didattico* in: «Laguna, lidi, fiumi. Esempi di cartografia storica commentata». Strumenti didattici 1, Venezia, 10-11.

⁽²⁾ Per la ricerca bibliografica si rimanda al catalogo della succitata mostra allestita all'Archivio di Stato di Venezia nel 1983 aggiornandola con quella contenuta in: G. MIGLIARDI O' RIORDAN, (1986), *Il governo veneziano a Rovigo*, in «Le iscrizioni di Rovigo delineate da Marco Antonio Campagnella», Trieste, 409-410 e alle seguenti opere più attinenti alla regolazione giuridica delle acque sino ad ora poco studiata: S. AVANZI (1983), *Il regime giuridico della laguna di Venezia. Dalla storia all'attualità*, Venezia; S. GASPARINI (1983), *La disciplina giuridica dei lavori pubblici a Venezia nell'età moderna. I fondi archivistici del Magistrato alle Acque e dei Provveditori di Comuni: ricerche e ipotesi*, Padova.

l'amministrazione centrale al governo di tutto il Polesine leggeva alla fine del suo mandato, ed infine in *Senato* e nei *Capi del Consiglio dei X*, alla serie *Dispacci*, le lettere che lo stesso inviava a Venezia.

Così facendo si potrà ben cogliere quanto stretto fosse il collegamento non solo tra magistrature, consigli centrali ed i rettori del Polesine — «terra risorta fra le acque» caratterizzata da una lotta perpetua con «l'istesso alimento suo» come si è già avuto modo di segnalare e come essi stessi ripetutamente affermano nell'ultima serie archivistica menzionata, la cui analisi è stata approfondita da chi scrive — ma anche e soprattutto tra detti rettori⁽⁴⁾, sempre rispettosi delle autonomie locali, e la società e le istituzioni delle città del Polesine.

Essi infatti quasi quotidianamente inviavano ai consigli ed alle magistrature centrali appassionati e suggestivi resoconti della loro gestione che sottolineano non solo il loro essere fedeli e solerti «servitori della Repubblica» ma anche il loro essere uomini con le angosce, i timori ed i travagli di non riuscire a difendere la popolazione e le fertili terre dall'acqua, nemico sempre incombente che minaccia «strage e ruvine» tant'è che, proprio per acquisire più approfondita conoscenza di problemi così gravi, verrà chiesto l'allungamento della durata ufficiale della carica.

Leggendo sistematicamente questi dispacci che vanno dal 1500 al 1796 si può dunque essere colpiti da questo senso di angoscia e di fatica fisica spesso scanditi dal rintocco della campana che segnala una piena, ma si può anche cogliere quali erano le richieste, le proposte ed i provvedimenti che senza essere soluzioni altamente tecniche, lasciate quest'ultime agli esperti, caratterizzarono le podesterie.

Si tratta in genere di azioni o suggerimenti successivi ad una recente rotta, ma più spesso preventivi, volti ad evitarne una successiva: essi riguardano in primo luogo la sistemazione degli argini, da farsi con interventi «stabili e consistenti» e non «provvisori», dato che la mancanza di legname, l'innalzamento del letto del fiume e l'abbondanza delle piogge, specialmente in autunno ed in primavera, rendono l'operazione a livello periferico sempre più ardua.

Altre problematiche affrontate da questa amministrazione del

⁽³⁾ Edite in *Podesteria e Capitanato di Rovigo*, a cura dell'Istituto di Storia Economica dell'Università di Trieste, Milano, Relazioni dei Rettori Veneti in Terraferma, VI, 1976.

⁽⁴⁾ Per cenni biografici di detti rettori, focalizzati all'attività svolta in Polesine, si veda F. COLASANTI (1986), *Rettori, Camerlenghi e provveditori a Rovigo* in: «Le iscrizioni di Rovigo [... cit.]», 413-433.

Polesine, sempre con riguardo al Po, sono quelli attinenti al suggerimento ed al controllo dei tagli⁽⁵⁾, delle deviazioni o «diversivi»⁽⁶⁾ del corso d'acqua e di rotte necessarie per una migliore organizzazione del territorio, a volte per agevolare il funzionamento dei mulini o l'opportuna navigabilità del corso fluviale, a volte invece per determinare la «scolatione delle campagne».

⁽⁵⁾ Non può non essere qui segnalato almeno il taglio a Porto Viro, per l'esecuzione del quale, dopo la parte del Collegio del 1599, 12 Luglio, ratificata in Senato il 27 Agosto, vennero inviati *dodici delegati sopra la regolazione delle acque del Po*, assistiti da periti, che confermarono l'urgenza dell'operazione. Si veda al riguardo G. TAMBA (1970), *Il taglio del Po a Porto Viro 1598-1604* in «Mostra storica della laguna veneta», Venezia, 129-131, con relativa bibliografia.

⁽⁶⁾ Si ricordi in particolare quella alla Chiusa di Polesella, chiave di volta del controllo dell'intero sistema fluviale, come viene sottolineato ad esempio nei dispacci spediti ai capi del Consiglio dei X da Benedetto Soranzo, Alvise Morosini, Ludovico Michiel, Pietro Marcello, Francesco Marcello.

Sez.^{no} Principe

Conforme all'ordine datomi dalla Serenità Vostra, vien accompagnato dal Giudice di Ponticchio mi trasferirei sopra gli argini di Po che guardano quella presa et ritrovai in essi non solo molti difetti alla costruzione de quali sono tenuti alcuni Ch. Nobili che fanno lavorar li loro possessioni a Boaria ma etiam ciò (siccome mi scrisse la Serenità Vostra) per achè la villa della Guardia mi sia all'argine una quantità di pietre che impediua il poter riparar all'imminente pericolo di Rotta, che correva quel lavoro in essente d'esentanza d'acqua essendo l'argine vecchio in gran parte caduto nel Po. Perciò giusta la commissione di lei diedi ordine espresso ad un Giudice che con quella maggior prestanza che si fosse possibile facesse ritirare detti argini et levar via le predette pietre offerendoli ancor io ogni aiuto et favore per la sicurezza di detta presa. Ho veduto parimenti li porte delle e fianche del scolladoni della frastinella che sono per Ponticchio, le quali sono in così mal stato che ueneando Rotta di Po o di Canale (che sia a guisa) nel bosco di mezo, o di Roncaghi, al sicuro s'incorrerà in tale tutta ota presa di Ponticchio. Però ho stimato debba mio il rappresentar ciò al prudentiss. suo giud. affinché ella prenda quel provvedimento che parerà alla molta sua prudenza. Affidandomi che io non crederò mai occasione alcuna che non apporcar quanto di giuocarmi al publico servizio. Grazie m.

Rovigo li 22 Aprile 1604

Nicolo' Morosini Pod. ec. capo /

Figura 1 - Manoscritto: A.S.V.E., Senato, dispacci dal Polesine, f. 2, Nicolò Morosini - 1604, 22 Aprile, Rovigo.

“Conforme all'ordine datomi dalla Serenità vostra hieri, accompagnato dal giudice di Ponticchio mi trasferirei sopra agli argini di Po che guardano quella presa et ritrovai in essi non solo molti difetti alla costruzione ... ma ... una quantità di pietre che impediva il poter riparare all'imminente pericolo di rotta ... essendo l'argine vecchio in gran parte caduto nel Po”.

Liberas.
 Dal Capitanio delle porte della Polesella Armellini ricevo
 l'ingionta lettera con il cativo stato della palificata
 nel sostegno del Ghebbo dalla parte della Frasenella
 quale per tuo. S. a piguardo di mio debito to. Ma
 alla bontà, et misericordia degna de tuoi saggi
 ripetti. Ma
 L. 11. 10. 1667.

Justin Giustino Donà

Figura 2 - Manoscritto: A.S.V.E., Senato, dispacci dal Polesine, f. 52, Giustino Donà - 1667, 8 Novembre, Rovigo.

"Dal Capitanio delle porte della Polesella [Francesco] Armellini ricevo
 l'ingionta lettera con il cativo stato della palificata nel sostegno del Ghebbo, dalla
 parte della Frasenella ..."

Levin: Stenopos

Imperò avendo il re mio d'incaricare le marine cose, di ben servarle a
Vostre^{te} con procurare questa sua ubertosa frontiera, giudicai porgere loro
che sono intrinsecamente l'acqua da fana per osservare in d'ostinata esere:
cura del St, che mi venne molto agitato belli portare alcuni porgere
il sostegno della Stasella. Sotto l'Aligenza praticata s'è portato a
vedere nel Santo sopra la Stasella s'incantato il Gorgoglio del gran conto
dell'acqua che imbandisce alcuni Stancioni, timore che in caso d'nuovi coloni
non si possa in nuente chiedere più il sostegno stesso colli Stancioni
che
mi: quando non venga procuramente intrattato.

Ad' altra cognizione d' U. V. C. C. l'anno 1850 si era in un' altra
di quel gran fiume, nella casa possino nasceva incommensurabile, e quella
sopra non mancava al bene mio ho fatto farvi la strada, e la
vostro in presenza all' oggetto che esaminare d' U. V. C. C. possino in-
via alla Presidenza del paragono quegli ordini, che giacevano in
confessione; Guaspari

George Gennaro USA

Som: Balli-Balli ar:

Figura 4 - Manoscritto: A.S.V.E., *Senato, dispacci dal Polesine*, f. 96. Domenico Balbi. 1733, 6 Gennaio, Rovigo.

“Sempre attento il zelo mio di cercare le massime cure di servire a Vostra Serenità con preservare questa sua ubertosa provincia, giudicai proprio ora ... se l'ostinata escrescenza del Po che mi tenne molto aggrittato habbi portato alcun pregiudizio al sostegno della Polesella ...”

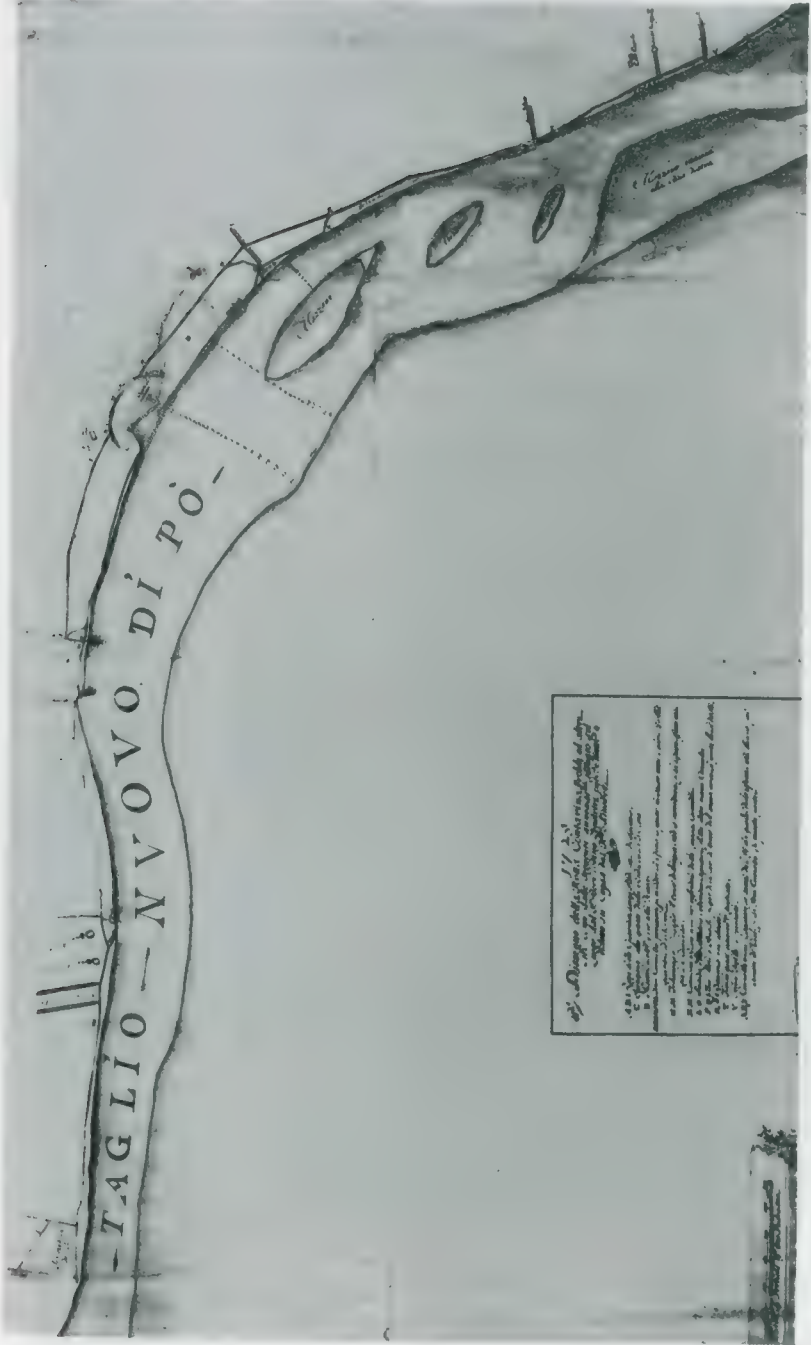


Figura 5 - Manoscritto: A.S.V.E., Savi ed esecutori alle acque, Po, rot. 144, dis. 7.
Settore del ramo taglio nuovo nell'ambito di Contarina - 1725, aut. ANGELO MINORELLI, perito ingegnere.

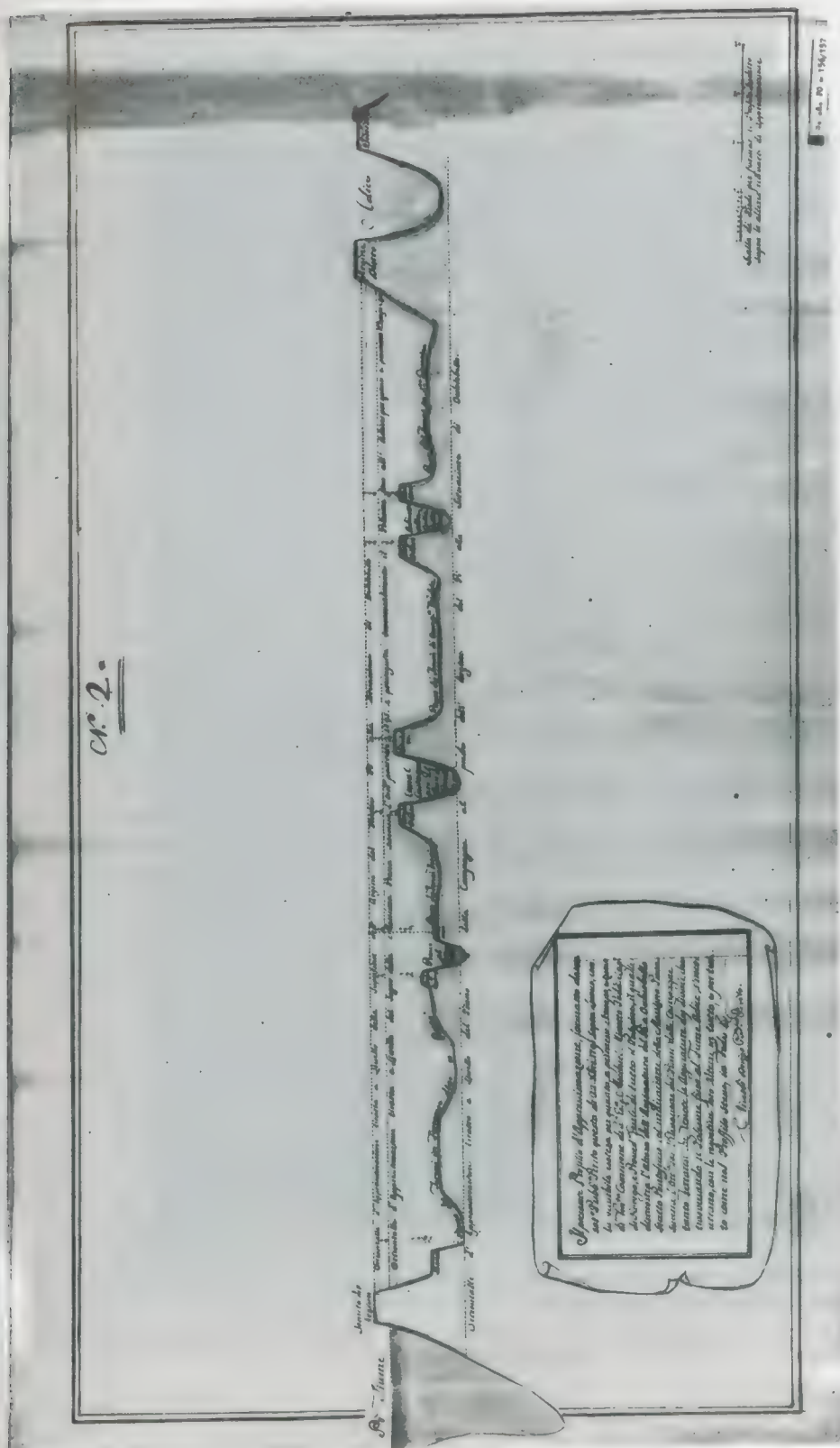
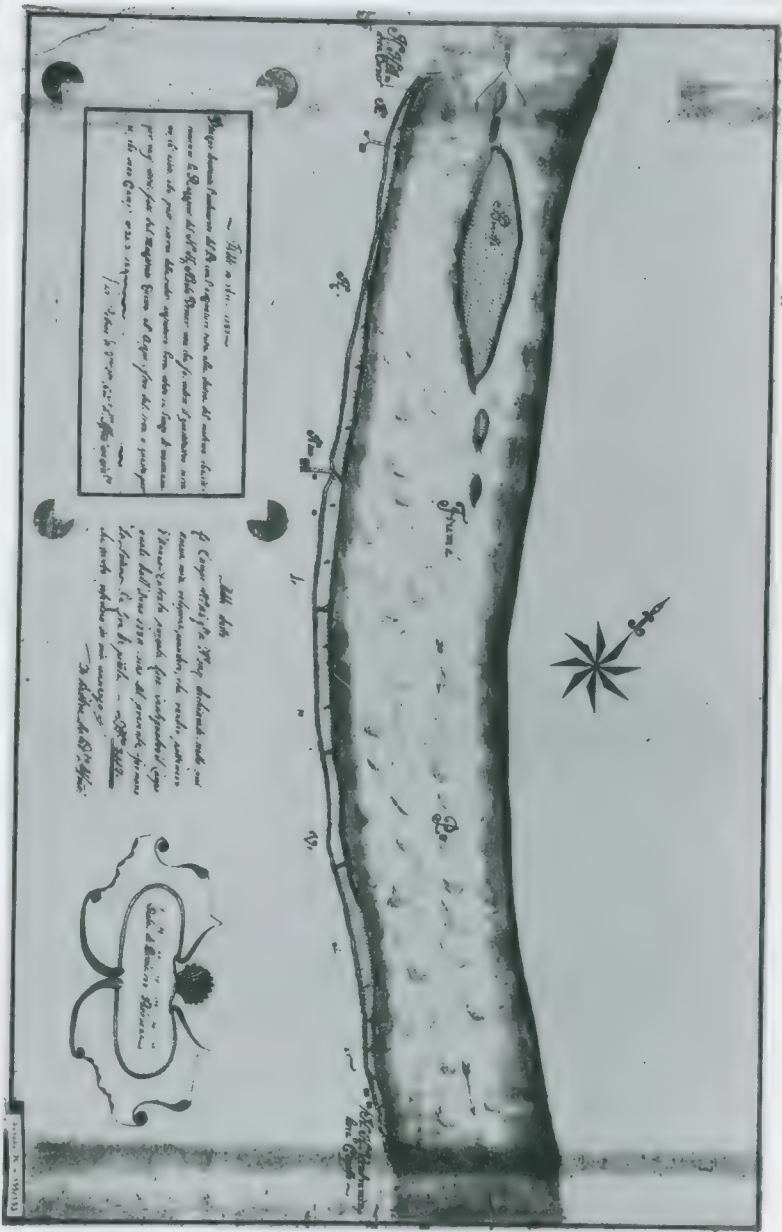


Figura 6 - Manoscritto: A.S.V.E., Savi ed esecutori alle acque, Po, rot. 156, dis. 157.
Occhiobello (Po); Profilo longitudinale del territorio di Rovigo - 1791, aut. NICCOLÒ DOSIGA, perito pubblico.

Figura 7 - Manoscritto: A.S.V.E., Savi ed esecutori alle acque, Po, rol. 155, dis. 153.
Po (fiume); breve settore presso le possessioni Venier sulla riva destra - 1787, aut. GIOVANNI PETTINE, petio pubblico.



La chiesa del Soccorso di Rovigo, ricca di testimonianze artistiche del periodo veneto presenta all'attenzione del visitatore dipinti commissionati dalla comunità locale per onorare i podestà veneziani che bene avevano operato per la città e il territorio nel corso del loro mandato. In questi grandi teleri, opera di artisti di fama quali Francesco MAFFEI, Giulio CIRELLI, Antonio ZANCHI, Antonio SERVI sono talvolta raffigurati, con immagini ed allegorie, i motivi della pubblica riconoscenza. Si notano, tra l'altro, grandi figure maschili incatenate o sottomesse: sono i due fiumi che delimitano il Polesine, Po ed Adige, che con frequenza richiedevano l'intervento del podestà veneziano⁽⁷⁾. Il problema della sicurezza idraulica era prioritario tra i compiti del provveditore, come attestano diverse iscrizioni, cronache locali, dispacci e relazioni inviate al Senato⁽⁸⁾.

È importante rilevare come l'impegno per la sicurezza e la regolazione delle acque del Po sviluppato dalle magistrature veneziane abbia saputo valorizzare e coordinare tutte le energie e le competenze locali disponibili, in particolare i consigli dei centri maggiori ed i consorzi di bonifica. Oltre che nel grande archivio veneziano dei Frari le testimonianze di questa capacità di governo delle acque si trovano distribuite in numerosi archivi e biblioteche, presso consorzi, enti economici e religiosi. Il loro recupero consente non solo di cogliere il complessivo disegno della Repubblica veneta e l'articolata distribuzione di competenze e ruoli, ma anche di conoscere l'organizzazione della vita civile ed economica in comunità rivierasche per tanti aspetti legate al Po. Osservava qualche anno fa il prof. Franco CAZZOLA a proposito delle terre polesane: *Se non siamo di fronte ad una vera e propria "società idraulica" di modello asiatico... siamo tuttavia davanti ad un sistema organico e fortemente strutturato di relazioni sociali e tecnico-amministrative che ha come scopo fondamentale la soluzione in forma collettiva di problemi di natura idraulica*⁽⁹⁾.

⁽⁷⁾ Sulle tele della chiesa della B.V. del Soccorso si vedano, tra le altre opere: *La Rotonda di Rovigo*, Rovigo (1967) (2ª ed. 1993); *Rovigo. Ritratto di una città*, (1988) Rovigo; V. SGARBI (1988), *Catalogo dei beni artistici e storici. Rovigo. Le chiese*, Venezia; C. MUNARI (1989) (a cura di), *Rhodigium. La città, il fiume, gli uomini nelle pietre di Marco Antonio Campagnella*, Piazzola sul Brenta (Pd).

⁽⁸⁾ Vedasi al riguardo: *Relazioni dei rettori veneti in terraferma. VI. Podesteria e Capitanato di Rovigo*, cit. Sulle iscrizioni trascritte dal canonico Marco Antonio Campagnella nel corso del secolo XVIII vedasi il volume *Le "Iscrizioni" di Rovigo*, cit..

⁽⁹⁾ F. CAZZOLA, *Terra e bonifiche nel Delta Padano (secoli XV-XVIII)*, in: «Franco CAZZOLA & Achille OLIVIERI (a cura di), *Uomini, terra e acque. Politica e cultura nel Polesine tra Quattrocento e Seicento. Atti del XIV Convegno di Studi Storici organizzato dall'Associazione Culturale Minelliana in collaborazione con l'Accademia dei Concordi*, Rovigo, 19-20 Novembre 1988», p. 19.

Le caratteristiche ambientali del Polesine infatti impongono un quotidiano lavoro per rinforzare le arginature dei fiumi e canali, per effettuare pulizia e diserbo di fossi di scolo, richiedono ancora il periodico escavo di collettori, la manutenzione di chiaviche. Tutto ciò è reso possibile dal lavoro di molte persone che agiscano con competenza sotto la guida di tecnici mentre nei frequenti casi di necessità e pericolo sugli argini occorre una struttura organizzativa in grado di reclutare con sollecitudine centinaia e talvolta migliaia di uomini.

Già gli statuti redatti in periodo medievale sotto l'influsso estense prevedono figure e comportamenti ben definiti in materia di acque. Poiché i corsi d'acqua che con maggior frequenza interessavano la città di Rovigo erano l'Adige, l'Adigetto e i canali, piuttosto che il Po, sono state verificate le norme idrauliche in statuti di altre Comunità polesane: Adria, Corbola, Ariano, centri pienamente coinvolti dai problemi del Po. Nelle norme statutarie sono previste precise indicazioni sulla custodia del fiume e la manutenzione degli argini, compiti specifici per il cavarzerano di Corbola in merito alle riparazioni arginali e alle guardie al fiume nei periodi di piena. Altre norme di rilievo riguardano l'uso delle valli per la pesca e il taglio della canna⁽¹⁰⁾.

Con l'arrivo dei veneziani il rapporto tra abitanti del Polesine e fiume non varia sensibilmente. Ciò che cambia è l'ottica complessiva della gestione delle acque che la Serenissima considera strumento essenziale per il potere politico. Di qui un diretto interessamento del Senato per la realizzazione di opere idrauliche che facilitino la comunicazione tra i vari corsi d'acqua padani.

Nel primo registro delle lettere ducali ricevute dalle cancellerie veneziane conservato ai Concordi figurano, ad esempio, interventi della massima autorità della Serenissima in data 12 Gennaio 1503 e 30 Settembre 1508 a favore del noto architetto ed urbanista ferrarese Biagio ROSSETTI per lavori da lui avviati al sostegno di Fossa Polesella, struttura fondamentale per i rapporti tra Ferrara ed i maggiori centri veneti⁽¹¹⁾.

Accanto all'interesse per la navigazione fluviale Venezia colloca la piena valorizzazione economica delle terre situate tra Adige e Po.

⁽¹⁰⁾ Segnaliamo nel fondo manoscritti dell'Accademia dei Concordi: *Statuti, ordeni et provisioni della Magnifica Comunità di Adria*, Accademia dei Concordi, Manoscritti Concordiana (d'ora in poi Conc.) ms. 297; *Statuta terrae Adriani*, Conc. ms. 298; *Appendici agli statuti di Ariano e Corbola*, Conc. ms. 299.

⁽¹¹⁾ Sul sostegno di Polesella vedasi A. FRANCESCHINI, *I sostegni rossettiani di Polesella* in: «Uomini, terra e acque...», cit. 55-70.

Questo avviene attraverso il potenziamento dei consorzi. *Nel secolo XVI* — scrive ancora Franco CAZZOLA nel citato intervento al convegno «Uomini terra e acque» svoltosi a Rovigo nel 1989 — *sulle terre del delta del Po si gioca una partita decisiva per l'assetto di tutto il tratto terminale del bacino padano dell'epoca moderna. L'età d'oro dei «retratti» e delle bonifiche, la conquista di nuove terre da grano e la redenzione di tutti i «beni inculti» si inscrivono infatti tra due interventi che l'uomo promuove coscientemente per modificare in modo radicale il precario equilibrio idraulico del massimo fiume italiano: l'ammisione del Reno nel Po di Ferrara (1522-26) e il Taglio di Porto Viro che rivolge verso sud la fonte principale del fiume (1600-1604)⁽¹²⁾.*

Le scelte della Repubblica a favore della navigazione, della creazione dei consorzi di bonifica, della realizzazione di rilevanti interventi idraulici trovano riscontro nell'archivio della Comunità rodigina pervenuto alcuni decenni or sono all'Accademia dei Concordi. In tale archivio alcune sezioni risultano di particolare interesse per i richiami a vicende del Po e per il quadro ambientale e sociale delle realtà urbane rivierasche. Si tratta degli atti del Magnifico Consiglio e del fondo Perticazioni ed Estimi.

Atti del Consiglio. Gli atti del Magnifico Consiglio di Rovigo delineano il percorso non facile di questa Comunità periferica della Repubblica a partire dal 1502. Nei poderosi volumi sono diversi i riferimenti alle vicende del Po: rotte ed imposizioni di colte, contese con consorzi oltre il Castagnaro e con le Comunità limitrofe per gli obblighi di ripristino e di controllo degli argini, costruzione delle porte per il sostegno di Polesella, problemi economici collegati a spese e tassazioni per il taglio di Porto Viro. La frequenza delle imposte per riparare gli argini rende ripetitive pagine e decisioni dell'Assemblea ma offre la misura di quanto la vita tutta della città e del territorio dipendesse dalla buona regolazione dei fiumi⁽¹³⁾.

Perticazioni ed Estimi. Sempre all'Accademia dei Concordi, nella parte dell'archivio comunale antico ivi conservato si incontrano numerosi volumi di estimi, perticazioni e disegni del territorio dal secolo XV

⁽¹²⁾ F. CAZZOLA, *Terra e bonifiche nel Delta Padano*, cit., p. 16.

⁽¹³⁾ I volumi contenenti gli atti del Magnifico Consiglio sono stati recentemente microfilmati per consentire una più ampia e sicura consultazione da parte degli studiosi e del pubblico. Fanno parte dello stesso fondo alcuni volumi di Ducali che riportano le decisioni e gli ordini inviati dal Senato veneto ai quali Podestà e Consiglio dovevano conformarsi.

alla fine del Settecento. L'interesse di questi documenti, in gran parte inesplorati, è notevole. Le perticazioni effettuate con grande capacità e diligenza dai periti presentano infatti lo spaccato di tutta l'area rivierasca del Po governata da Venezia con l'indicazione dei toponimi, dei proprietari e di quanti vantavano diritti sul fondo, dei confini di ogni terreno, note sulla sicurezza rispetto alle inondazioni, sulle abitazioni, le piante, gli orti, le strade. Il volume più antico di perticazioni risale al 1488 e presenta la descrizione dei territori di Garofalo, Polesella, S. Bellino, Presciane, Bosaro, Ponzilovo, Salvadeghe, Raccan, Quarti, Pontecchio, Canaro, Tessarolo, Castalguglielmo, Ospedaletto, Fiesso, località tutte situate tra Castagnaro e Po e quindi strettamente legate alle vicende del fiume. Altri volumi di perticazione risalgono al 1520, al 1546, al 1570 e agli ultimi anni del Cinquecento o ai primi del Seicento. Ai volumi di perticazioni facevano riferimento i libri di estimo redatti annualmente e comprendenti la valutazione dei beni ed altre informazioni a carattere fiscale e civile sugli abitanti, dai nuclei familiari alle esenzioni, dai mestieri ai ruoli di pubblica utilità ricoperti. A partire dalla seconda metà del Seicento le perticazioni sono sostituite dai volumi di mappe che offrono evidente rappresentazione di tutti gli appezzamenti di terreno oltre che una visione d'insieme di nuclei abitati e campagne⁽¹⁴⁾.

Archivi dei Consorzi di bonifica. Un ruolo essenziale per gli interventi relativi al Po svolgevano consorzi di bonifica. Avviati negli ultimi decenni della dominazione estense conobbero notevole sviluppo nel periodo veneto e favorirono la riduzione a cultura di vaste aree tra Po ed Adige. I consorzi maggiormente interessati al Po nell'ambito della Repubblica veneta erano quelli di Frassinelle e di Pontecchio (a quest'ultimo si sono gradualmente aggregati nel corso del '500 altri territori minori della sinistra Po). Una particolare preoccupazione questi consorzi rivolgevano a Fossa Polesella, l'ampio canale che raccordava il Po con il Castagnaro e consentiva grazie ad altri corsi d'acqua comunicazioni con Rovigo, Verona e Venezia. Allorché la Repubblica interveniva per gli argini del fiume o si svolgevano misurazioni e perizie, riferimento di tecnici ed amministratori erano sempre i presidenti e tecnici dei consorzi. Camillo SILVESTRI nelle cronache idrauliche con-

⁽¹⁴⁾ La crescente utilizzazione dell'informatica consente di avviare in maniera organica la valorizzazione dell'ingente mole dei volumi di Estimi e Perticazioni. I grandi volumi di mappe del secolo XVII e XVIII sempre per motivi di studio e conservazione sono stati riprodotti sia in microfilm che in diapositiva.

tenute nel manoscritto *Successi d'acque*⁽¹⁵⁾ ricorda come in caso di pericolo confluissero sul Po e sulla Fossa di Polesella centinaia di berozze (carri) e di operai ed ivi soggiornassero per vari giorni per scongiurare infiltrazioni e frane di argini. L'analisi dei documenti dei consorzi consente di evidenziare una struttura organizzativa in materia di idraulica e di sicurezza che si estendeva a tutti gli abitanti. E non è azzardato perciò parlare di esperienze e di cultura delle acque diffuse in tutte le fasce della popolazione. Tale cultura è testimoniata dai piccoli manufatti per lo scorrimento agevole delle acque nelle campagne, dalla capacità di intuire il pericolo di rotte da infiltrazioni prossime o lontane dal fiume, dalla competenza e dalle modalità d'intervento in caso di rotte. Anche esponenti delle maggiori famiglie rodigine che ricoprivano cariche amministrative o che per esigenze economiche operavano nelle campagne del Polesine a fianco dei tecnici acquisivano gradualmente una conoscenza ed una competenza della complessa rete fluviale polesana che lascia oggi ammirati⁽¹⁶⁾.

Archivi di enti religiosi. Una serie di fortunate vicende ha determinato nel secolo scorso il deposito presso la biblioteca dei Concordi degli archivi delle congregazioni monastiche sopresse in epoca napoleonica. Tali fondi sono di rilevante interesse sia per le informazioni religiose e la documentazione storiografica che contengono sia per le tante e precise notizie a carattere economico. Ad esempio il monastero olivetano di S. Bartolomeo, situato alla periferia di Rovigo, possedeva vaste campagne a Selva, località tra Castagnaro e Po che quindi risentiva di tutte le intemperanze del fiume⁽¹⁷⁾. Particolare importanza assumono ancora le piccole comunità religiose del territorio, ubicate in paesi lungo il Po, come il Convento dei frati agostiniani di Polesella, costruito a pochi passi dal sostegno e dall'immissione della Fossa nel grande fiume. Le pagine dei volumi d'archivio di questi centri riportano spesso

⁽¹⁵⁾ *Successi massime d'acque nel Polesine e luoghi adiacenti dal 1677 al 1755* di Camillo, Carlo, Girolamo SILVESTRI, Accademia dei Concordi, Manoscritti Silvestriana (d'ora in poi Silv. ms.) 445.

⁽¹⁶⁾ Sulla civiltà e cultura delle acque vedasi: Carlo MUNARI (a cura di), (1991), *Successi d'acque. Uomini, opere e giorni sui fiumi del Polesine*, Padova. Sui mestieri legati alle acque G. ANDREOTTI (1984), *Momenti perduti: i mestieri* in: «Il delta del Po. Terra e gente al di là dei monti di sabbia», Milano; M. ZUNICA & A. LODO (a cura di), *Testimonianze e considerazioni su mestieri delle acque*, in: «Uomini, terra e acque...», 315-346.

⁽¹⁷⁾ Sul monastero di S. Bartolomeo l'Accademia dei Concordi ha realizzato nel 1979 una rassegna storico documentaria ed ha pubblicato un volume di studi *Il monastero di S. Bartolomeo di Rovigo*, Rovigo, 1979.

vicende legate al fiume, dalle rotte all'ospitalità verso i periti, dalle cerimonie di propiziazione all'abbandono del monastero a causa dell'erosione del Po.

Diari, trattati sulle acque. La biblioteca dei Concordi, come la pinacoteca, si è notevolmente accresciuta nel corso del Settecento e dell'Ottocento grazie a donazioni da parte di eruditi locali e a lasciti di esponenti delle antiche famiglie della città. Sono così pervenute nella grande raccolta bibliografica le testimonianze manoscritte, gli studi, i diari che le maggiori casate rodigine si tramandavano, volumi manoscritti e a stampa che rispecchiano gusto e sensibilità degli autori oltre che ruoli e mansioni pubbliche degnamente sostenute. Tra le opere di maggior interesse ed ancora inedite ricordiamo il lavoro di Giovanni TORELLI *Istruttione... in materia de fiumi, canali et acque del Polesine*⁽¹⁸⁾ e la *Storia Agraria del Polesine*⁽¹⁹⁾ il lavoro enciclopedico di Camillo SILVESTRI realizzato negli ultimi anni del '600 e nei primi anni del '700 ed ancora la citata cronaca idraulica del Polesine che si estende dal 1677 alla metà del '700 opera di eruditi e tecnici illustri quali Camillo, Carlo e Girolamo SILVESTRI. Questa cronaca ha un titolo singolare: *Successi... d'acque* ove nel termine «successi», al di là del valore narrativo del termine (avvenimenti) piace cogliere il segno di una sfida costante tra Polesani e fiumi con alterne vittorie delle acque sull'uomo o degli uomini sulla forza del fiume.

Accademia dei Concordi. Su sollecitazione della repubblica veneta l'Accademia dei Concordi istituì nell'autunno 1768 la Società d'Agricoltura che favorì ricerche ed interventi su materie tecniche ed idrauliche⁽²⁰⁾. Animatore dell'impegno culturale e protagonista di serrati confronti con storici ed idraulici della Serenissima fu il canonico Girolamo SILVESTRI che creò nella piccola città periferica della Repubblica un gruppo qualificato di studiosi capaci di dialogare e di confrontarsi con le altre Accademie e con tecnici di fama quali Antonio Maria LORGNA⁽²¹⁾.

⁽¹⁸⁾ G. TORELLI (1671), *Istruttione del signor dottor Giovanni Torelli avvocato fiscal di Rovigo in materia di fiumi, canali et acque del Polesine*, Conc. ms. 166.

⁽¹⁹⁾ C. SILVESTRI, *Istoria agraria del Polesine di Rovigo*, Silv. ms., 446-449.

⁽²⁰⁾ Sulla storia dell'Accademia dei Concordi vedasi G. PIETROPOLI (1986), *L'Accademia dei Concordi nella vita rodigina*, Limena (Pd).

⁽²¹⁾ Sul confronto tra Girolamo SILVESTRI e Anton Maria LORGNA vedasi: G.B. MARINI BETTOLO & A. MAZZETTI, *Scienziati italiani del '700 per la regolazione dell'Adige* in: «ACCADEMIA DEI CONCORDI DI ROVIGO, (1993), *Ambiente ed acque della Padania. Situazione, ricerche, proposte*. Atti del Convegno Rovigo 3 Marzo 1989», 119-135. Sulla figura di Girolamo SILVESTRI vedasi il volume: ACCADEMIA DEI CONCORDI DI ROVIGO (1993), *Girolamo Silvestri 1728-1788. Cultura e società a Rovigo nel secolo dei lumi*. Atti del Convegno. Rovigo, 22-23 Ottobre 1988, Padova.

Dell'attività della sezione agraria come pure delle ricerche di soci sulle rotte e sulla regolazione del Po e dei fiumi che interessavano il Polesine nella sezione manoscritti della biblioteca e nell'archivio accademico vi è ampia documentazione, quasi a ricordarci le radici antiche di un impegno nei confronti dell'ambiente che ancor oggi continua.



Figura 8 - Polesine di Rovigo, anno 1733. Delta A.C.R., Carte sciolte del Polesine e Ferrarese disegnate a mano, n. 3.



Figura 9 - Catastico di quà della Fossa, anno 1775. Raccano A.C.R. archivio Comunale Antico.



Figura 10 - Disegni del Polesine della città di Rovigo con parte del Padovano, Veronese, Dogado e Ferrarese. A.C.R. Carte sciolte del Polesine e Ferrarese disegnate a mano, n. 1.



Figura 11 - Polesine di Loreo, Accademia dei Concordi A.C.R., Carte del Polesine e Ferrarese a stampa, n. 15.

Paesaggi del Po. Strutture insediative, sistemi agrari, reti di comunicazione in età moderna: elementi per un progetto di valorizzazione

Paola SERENO^(*)

Abstract. - *The valorization of the Po River requires a research project joining planning and conservation; to this aim we deem always useful the heuristic paradigm of geographical landscape. It allows us to reconnect the present spatial order to the geo-historical processes producing it and moulding the significance of the relics of the past spatial orders. The paper suggests a brief outline of research linked topics concerning the landscape analysis of the river in the geopolitical organization of the early-modern age, i.e. the physical change, rural and urban settlement, original field-systems, land reclamation, water use and control and also the historical construction of the geographical and technical knowledge and the patterns of representation.*

Nel presentare l'edizione in facsimile della bella carta del territorio ferrarese del Dipartimento del Basso Po, redatta dagli ingegneri geografi dell'amministrazione napoleonica, tra 1812 e 1814⁽¹⁾, Pier Luigi CERVELLATI provocatoriamente proponeva la carta stessa come progetto di piano "perché analogo ad un modello di Parco", sostenendo la tesi che un parco non deve essere sinonimo di area vincolata, di "recinto impermeabile", che inevitabilmente produce al suo esterno ben più ampie "zone spazzatura", ma deve coincidere con tutto il territorio, il cui assetto deve presentare appunto i requisiti di parco.

Si tratta di una posizione teorica che il geografo storico non può che riconoscere come sua, sintetizzandola in un imperativo categorico secondo il quale i paesaggi si producono come forma normale, non eccezionale, di organizzazione territoriale, mentre — paradossalmente, ma non troppo — si distruggono vincolandoli. È forse tuttavia oppor-

^(*) Università di Torino - Dipartimento di Scienze Antropologiche, Archeologiche e Storico-Territoriali - Cattedra di Geografia.

⁽¹⁾ Cfr. S. PEZZOLI & S. VENTURI (a cura di), (1987), *Una carta del Ferrarese del 1814*, Bologna.

tuno riordinare la riflessione sulle fasi della storia del territorio e sul ruolo che questa può giocare nella progettazione dei paesaggi del futuro.

Agli occhi forse più disincantati del geografo storico la carta napoleonica del Ferrarese non appare infatti come un «modello di Parco», bensì come la rappresentazione di un processo plurisecolare non ancora concluso, colto ad uno stadio temporaneo, di modellamento di un paesaggio che, sull'arco dei secoli, si è andato via via costruendo senza mai venir meno ad una intenzionalità precisa: è un paesaggio in sostanza che testimonia non un armonico equilibrio dell'uomo con la natura, ma la lotta dura della società contro l'acqua, la sua volontà ferma di domesticazione del fiume. Le ancora abbastanza estese zone umide rappresentate nella carta non sono aree di rispetto, ma terreni non ancora conquistati; laddove al contrario la conservazione delle aree umide relitte ha rappresentato in anni recenti l'occasione primaria che ha indotto a elaborare piani di tutela, non soltanto per quanto riguarda il Delta, ma anche l'area interessata al Parco Regionale del Po, che ha un primo avvio nell'istituzione della riserva naturale della garzaia di Valenza. Occorre riconoscere questa inversione di tendenza nel rapporto col fiume, questo mutamento di intenzionalità nei confronti del paesaggio fluviale, al fine di non contrapporre l'età contemporanea al mito di un passato inventato. La storia insomma non è un modello da imitare, ma una lezione da apprendere e le sue geografie non si possono riprodurre retrocedendo nella scala del tempo. Qualsiasi progetto di valorizzazione del Po deve tenere conto di ciò ed evitare gli scogli del consueto equivoco sulla tutela ambientale, che procede troppo spesso attraverso una naturalizzazione delle forme storiche fondata su una reinvenzione di significato universale: il paesaggio, al contrario, è una sedimentazione di significati e di valori, oltre che di forme e funzioni. Ed è a partire da tali significati che è possibile ridipanare la complessa matassa delle relazioni tra il fiume e le società che attorno ad esso hanno costruito i loro modelli di sviluppo: la stessa natura oggi da salvaguardare diventa oggetto di conoscenza solo all'interno di quel nodo complesso e sedimentato di relazioni.

La moderna pianificazione in ogni modo fa giustamente appello alla ricerca geostorica, poiché ogni intervento sul territorio è un intervento sul passato; e il Po ha particolarmente sollecitato questa domanda⁽²⁾. Il Po tuttavia non sembra essere stato finora un soggetto storiografico: gli

² Si veda soprattutto R. GAMBINO (1991), *I parchi naturali. Problemi ed esperienze di pianificazione nel contesto ambientale*, Roma, 126-130; cfr. anche IRES (1989), *Progetto Po. Tutela e valorizzazione del fiume in Piemonte*, Torino.

studi appaiono frammentari, settoriali e solo indirettamente rivolti al fiume, attraverso soprattutto il vero protagonista forte della ricerca storica sulle acque, ovvero la bonifica padana. Rispondere allora ad una domanda di conoscenza geostorica dei paesaggi fluviali è al momento attuale ancora difficile, soprattutto se tale conoscenza deve rapportarsi ad esigenze di intervento territoriale. Per contro, è possibile orientare nuove strategie di ricerca, confrontandole con le necessità di una pianificazione attenta appunto a non separare progetto e tutela e altresì attenta circa quest'ultima a non divaricare, ma neppure confondere ambienti naturali e paesaggi storici. In questa prospettiva ci pare indubbio si debba abbandonare tanto la trionfalistica storia della conquista della natura da parte dell'uomo, quanto l'ambientalista geografia delle influenze del fiume sulle attività umane, per scegliere invece di percorrere la strada dei concreti accertamenti delle conseguenze sull'ambiente fluviale della sedimentazione dei processi di occupazione e uso del suolo; la questione ecologica del Po e del suo bacino viene da lontano e ha radici antiche, ancorché abbia subito fortissime accelerazioni in tempi recenti. Per altro, poiché il paesaggio geografico non è — come alcuni sembrano ritenere — una giustapposizione di oggetti nello spazio, catalogabili e valutabili su base cronologica, bensì un sistema, nel quale dunque tutti gli elementi che lo compongono sono legati nel tempo, oltre che nello spazio da fenomeni di retroazione, occorrerà lavorare a riconoscere configurazioni dinamiche specifiche, in relazione alle quali soltanto acquistano significato quelle che spesso sono chiamate 'emergenze' e che il geografo preferisce definire relitti paesistici, sottraendoli così ad una sorta di reificazione o di naturalizzazione delle formazioni storiche e riaffermandone l'appartenenza ad un tutto che fornisce loro coerenza strutturale e valore funzionale⁽³⁾.

⁽³⁾ Il dibattito su paesaggi storico-culturali e pianificazione territoriale ha ormai prodotto in geografia storica una ricca bibliografia. Ci limitiamo per brevità a rinviare ad alcune delle relazioni presentate su questo tema alla XV sessione della European Standing Conference for the Study of the Rural Landscape (Lyon 1992), i cui atti sono ora editi da J. BETHMONT (ed.) (1994), *L'avenir des paysages ruraux Européens entre gestion des héritages et dynamique du changement*, Lyon, in particolare: D. HOOKE, *The Recognition of Historical Landscapes*, 21-34; J.A.J. VERVLOFT, *Historical Geography and Cultural Heritage: Some Problems on Valuation of Landscape Elements in A Geographical Information System together with Archaeology and Historical Architecture*, ibid., 35-40; L. GRUNDMANN, *Travaux d'inventaire paysager dans les nouveaux Länder de l'Allemagne fédérale*, ibid., 241-247; K. RÖNNINGEN, *Agricultural Policies and Environmental Management. A Comparative European Research Project on Political Strategies to maintain the Natural Environment and Cultural Landscapes*, ibid., 263-270; J. RENES, *Landscape History for Planning Development and Background of Applied Historical Geography in the Netherlands*, ibid., 293-300; M. LAIGNEAU, *Parc/paysages ruraux: de (re)constructions équivoques*, ibid., 313-319.

In una recente storia dell'agricoltura italiana, si è tentata una classificazione in tre grandi sistemi agrari, il primo dei quali è identificato nel sistema padano, appunto generatosi attorno all'asse del Po⁽⁴⁾. Lo schema proposto ha certo una sua plausibilità e funzione euristica; tuttavia l'unità della Padania, che sembra sostenuta da una 'civiltà dell'acqua' e da forme insediative tipiche ricorrenti, è solo apparente. Già il LORENZI⁽⁵⁾, sia pure attraverso procedure di ricerca fisiognomiche, attorno alle quali è mancato l'opportuno scavo geostorico, aveva identificato oltre una trentina di 'tipi' antropogeografici padani. Sebbene questa classificazione tipologica vada oggi riconsiderata, reintroducendovi l'analisi dei processi morfogenetici ed evolutivi, è indubbio che alla scala topografica — che è poi quella pertinente agli interventi di tutela e di pianificazione — il mosaico paesistico presenti una varietà di soluzioni che non sembrano solo varianti di un unico 'sistema padano', ma paiono dotate di una propria specificità e autonomia. In breve, la funzione di collegamento che il solco fluviale avrebbe dovuto giocare, nell'attraversare l'intera pianura padana, è parzialmente contraddetto sia dalle ragioni della storia che vi ha sovrainposto il reticolo di una complessa e cangiante confinistica, sia da quelle della geografia fisica che vi ha modellato condizioni ambientali alquanto diversificate, alle quali inoltre la storia non ha dato risposte univoche sia nel tempo sia nello spazio.

Dalle condizioni ambientali occorrerebbe reimpostare la ricerca, se non vogliamo ricostruire modelli d'occupazione e uso del suolo a cui faccia da sfondo un improbabile scenario ambientale immobile e sempre uguale a se stesso. Se da una parte è oggi richiesta dalle esigenze di una corretta pianificazione una rinnovata solidarietà tra scienze della natura e scienze dell'uomo, dall'altra si rende necessaria una ricostruzione dei processi d'interazione tra storia fisica e storia sociale. La lunga e dura azione di domesticazione del Po da parte delle società rivierasche non è infatti soltanto una storia d'uso delle risorse fluviali, ma è la storia di un rapporto tanto più difficile e conflittuale quanto più le esigenze di stabilità dell'insediamento, delle infrastrutture territoriali e soprattutto delle pratiche agricole si scontravano con l'instabilità dell'alveo, con l'incontrollabilità dei processi di erosione e di sedimentazione e con le difficoltà di regimazione della portata. Se allora vogliamo rico-

⁽⁴⁾ P. BEVILACQUA, *Tra Europa e Mediterraneo. L'organizzazione degli spazi e i sistemi agrari*, in «P. BEVILACQUA (a cura di), (1989), Storia dell'agricoltura italiana in età contemporanea, vol. I, Spazi e Paesaggi, Venezia 1989», 5-36 e spec. 15-29.

⁽⁵⁾ A. LORENZI (1914), *Studi sui tipi antropogeografici della pianura padana*, Rivista Geografica Italiana, 270-354, 402-450, 497-530.

struire la storia dei rapporti con il fiume, dobbiamo riconsegnare anche il fiume alla storia, ricostruendone la dinamica alla scala del tempo storico. In questa direzione poco è ancora stato fatto⁽⁶⁾ e manca un progetto coordinato per tutta l'asta fluviale; e tuttavia un tale progetto sarebbe ora forse possibile in ragione di due elementi di cui la ricerca prima non disponeva: da una parte il grande progresso che si è realizzato negli ultimi anni negli studi di storia della cartografia e che ha portato non solo al rinvenimento e catalogazione di molte carte del Po e dei suoi affluenti⁽⁷⁾, ma anche ad una più fondata esegesi delle fonti cartografiche, dall'altra l'affinamento di metodi regressivi di restituzione cartografica su cartografia storica, indirizzati proprio alla ricostruzione delle dinamiche degli alvei⁽⁸⁾.

La cartografia storica che abbiamo ora rapidamente evocata è di per se stessa testimonianza del processo di domesticazione del fiume: essa è di norma legata a questioni di intervento sull'alveo o sui terreni spondali, o di localizzazione o ricognizione di attività economiche che sfruttano le acque o che dall'instabilità dell'alveo sono condizionate; l'apparire e il diffondersi delle carte del Po coincide con le fasi di consolidamento istituzionale e territoriale degli stati assoluti che si sono andati formando nella Padania e che, inserendosi come terzo soggetto

⁽⁶⁾ Cfr. G. BRAGA & S. GERVASONI, *Evolution of the Po River: an Example of the Application of Historic Maps*, nel vol. G.E. PETTS, H. MOLLER & A.L. ROUX (ed.), (1989). *Historical Change of Large Alluvial Rivers: Western Europe*, Chichester, 113-126.

⁽⁷⁾ Oltre alla ormai ricca bibliografia di studi in materia, vanno segnalati i cataloghi di mostre cartografiche, alcune specificamente dedicate alla cartografia storica di qualche tratto del Po, come ad esempio quelli di M. MORI & A. GHINZELLI (1991), *Il Viadanese e il Po dal XVI al XVIII secolo. Mostra cartografica*, Viadana, ACCADEMIA DEI CONCORDI DI ROVIGO (1977), *Il Polesine dalla guerra di Ferrara al taglio di Porto Viro (1482-1604)*, Rovigo e M.G. TAVONI (a cura di) (1981), *L'uomo e le acque in Romagna. Alcuni aspetti del sistema idrografico nel '700*, Bologna, altre solo in parte dedicate a questo tema, ma spesso con importanti contributi, come il saggio di M. SAVOJA (1984), *Catasto teresiano e rettificazione dei fiumi*, nel catalogo Archivio di Stato di Milano, *L'immagine interessata. Territorio e cartografia in Lombardia tra 500 e 800*, Milano, 69-81 e relative schede. Si vedano anche le specifiche catalogazioni di F. CAVAZZANA ROMANELLI & E. CASTI MORESCHI, *Laguna, lidi, fiumi. Esempi di cartografia storica commentata*, Venezia s.a. (ma 1984) e E. BEVILACQUA (ed.) (1984), *L'uomo tra Piave e Sile*, Padova, Quaderni del Dipartimento di Geografia.

⁽⁸⁾ Ci riferiamo in particolare agli studi recenti intrapresi nel Laboratorio di Geografia dell'Università di Lione, tra i quali: J.L. PEIRY (1987), *Etude historique de la dynamique fluviale de l'Arve dans le bassin de Cluses (Haute-Savoie)*, in «Actes 112^e Congrès Nat. Soc. Savantes-Sect. de Géographie, Lyon», 95-108, Id. (1989), *L'utilisation du cadastre sarde de 1730 pour l'étude des rivières savoyardes: l'exemple de la Vallée de l'Arve*, Rev. Géogr. de Lyon, 197-203, A. BELMONT, *Etude historique de la dynamique fluviale du Rhône: la plaine de Miribel-Jonage à la fin du Moyen Age*, ibid., 191-196, J.A. BRAVARD & J. BETHMONT, *Cartography of Rivers in France*, in: «PETTS-MOLLER-ROUX (ed.), *Historical Change of Large Alluvial Rivers*, op. cit.», 113-126.

nel rapporto tra il fiume e la comunità locale o il signore fondiario, costituiscono con le loro politiche territoriali centrali nuclei di organizzazione e gestione autonoma dello spazio padano. La legislazione sulle acque, elaborata in forme alquanto diverse tra loro dagli antichi Stati padani, costituisce a nostro avviso un altro tema storiografico di primaria importanza in un progetto geo-storico per la valorizzazione dell'asta fluviale, se immediatamente correlato con l'effettivo impatto sul territorio e sui modelli locali d'uso delle acque. I secoli dell'età moderna ci appaiono quindi centrali nella storia del Po, ancorché essi ereditino un'armatura territoriale gravitante sul fiume la cui origine possiamo datare già al XIII-XIV secolo. Lo Stato assoluto ha però il potere di dilatare la scala locale dell'organizzazione territoriale e al tempo stesso di frantumare la scala regionale padana in una struttura policentrica.

Tale frantumazione si manifesta con particolare evidenza nella rete stradale, che non è unitaria, ma risente sia della gravitazione policentrica e, all'interno di questa, dell'assetto della gerarchia dei centri, sia del diverso grado — nei diversi Stati — di interazione con il fiume, con i suoi affluenti e con la rete dei canali da essi derivati⁽⁹⁾. In particolare, qui interessa ricordare il ruolo del Po come arteria navigabile; questo ruolo — com'è noto — va progressivamente riducendosi nel corso dell'età moderna, in rapporto al periodo medioevale, per una serie di cause concomitanti — dal succedersi sul percorso di dazi statali alla decadenza commerciale dell'alto Adriatico — che saranno infine tra '800 e '900 ulteriormente aggravate dalla ferrovia e dal miglioramento della rete viaria. La navigazione del Po tuttavia conserva ancora fino a quel momento una certa vitalità, da cui per altro si riteneva escluso, se non altro per ragioni di portata, il tratto piemontese. È stata invece recentemente dimostrata⁽¹⁰⁾ l'esistenza di un certo

⁽⁹⁾ Cfr. in particolare per la Lombardia C. MOZZARELLI (1986), *Strade e riforme nella Lombardia del Settecento*, Quaderni Storici, 117-145 e per gli Stati Sabaudi M.L. STURANI, *Inerzie e flessibilità: organizzazione ed evoluzione della rete viaria sabauda nei territori "di qua dai monti" (1563-1798)*. I: *I presupposti strutturali (sec. XVI-XVII)*, BSBS, 1990, 455-512 e II: *Le trasformazioni del XVIII secolo*, ibid., 1991, 485-546.

⁽¹⁰⁾ M.L. STURANI (1993), *La navigazione sul tratto piemontese del Po fra XVI e XVIII secolo: modalità e conflitti d'uso di una risorsa ambientale*, Storia Urbana, 63-89. Il tema della navigazione padana è stato recentemente ripreso, dopo il periodo di disinteresse che era seguito ai contributi presentati al X Congresso Storico Lombardo (1962), editi in «Archivio Storico Lombardo», 1962: cfr. P. RACINE (1986), *Poteri medievali e percorsi fluviali nell'Italia padana*, Quaderni Storici, 9-32, M. DI GIANFRANCESCO (1975), *Per una storia della navigazione padana dal Medioevo alla vigilia del Risorgimento*, Quaderni Storici, 199-226 e i contributi presentati al Convegno «Navigare il Po: idee, progetti, realizzazioni fra '700 e '900 (Cremona 1990)», pubblicati in un numero monografico della rivista «Padania», 1990.

flusso di merci e persone sul corso del Po tra Valenza e Cardé, pur penalizzato — rispetto alla navigabilità del tratto inferiore, dalla rottura di carico a cui la portata d'acqua costringeva nella prosecuzione della navigazione oltre Valenza.

La progressiva rarefazione del traffico fluviale, come si è detto, è stata di norma imputata a fattori economici; l'adozione nell'analisi di una prospettiva geostorica dovrebbe forse indurre a ripensare la questione in termini più complessivi di concorrenza d'uso delle acque; così come si suggerisce già nell'esame del caso piemontese⁽¹¹⁾, là dove si ricorda che anche altre strutture per la mobilità di cose e persone, quali gli stessi 'porti' sul Po, ossia i traghetti a corda, nonché i mulini natanti sul fiume creavano difficoltà di alaggio e ostacoli di manovra. Possiamo aggiungere che la diminuzione del traffico fluviale va di pari passo con l'estensione e l'intensificazione delle colture irrigue, con l'aumento dei mulini fissi e con la diffusione della manifattura. A proposito di quest'ultima ci pare interessante il caso del precoce distretto industriale della seta che va a localizzarsi, tra XVII e XVIII secolo, a nebulosa lungo l'asse stradale che collega Torino a Cuneo e quindi al porto di Nizza, e lungo la Maira, tra Racconigi, Cavallerleone, Busca: soprattutto la ricca documentazione che ci restituisce l'archivio storico di Racconigi fa esplodere un conflitto tra usi ormai palesemente concorrenziali delle acque, ossia tra un impiego tradizionale per l'agricoltura e per la prima trasformazione del prodotto agricolo, in breve per l'irrigazione dei prati e per i mulini da grano, e un uso nuovo delle acque come risorsa energetica per le ruote del mulino da seta⁽¹²⁾.

L'uso promiscuo — agricolo, commerciale, manifatturiero — del Po, dei suoi affluenti e dei canali derivati è un modello che si stabilisce e si assesta nel tempo, non senza difficoltà e processi selettivi che si riflettono sul paesaggio nel suo insieme e sulle strutture agrarie che ne costituiscono la trama antica. Troviamo così aree dove, dopo la crisi secentesca, a differenza di altre, le colture irrigue non riprenderanno il trend dell'ascesa già avviato nel Cinquecento e rallentato o bloccato dalla crisi, ma dimostreranno una tendenza alla specializzazione protoindustriale e quindi un marcato dirottamento delle risorse idriche sottratte agli usi agricoli: la divaricazione delle due tendenze, l'una alla

⁽¹¹⁾ STURANI, *La navigazione sul tratto piemontese del Po*, art. cit., pp. 82 sgg.

⁽¹²⁾ Rinviamo al nostro contributo nella relazione di R. COMBA, P. SERENO, L. PALMUCCI & P. CHIERICI, *Protoindustrialisation, marché et paysage rural: continuité et changements dans le processus de formation et consolidation de l'Etat de Savoie*, nel vol. H.J. NITZ (1987), *The Medieval and Early-Modern Rural Landscapes of Europe under the Impact of the Commercial Economy*, Göttingen, 247-280.

specializzazione protoindustriale, l'altra al mantenimento e potenziamento delle vocazioni agricole originarie, sono ben esemplificate nel caso rispettivamente del Vicentino e del Veronese⁽¹³⁾. I processi di diffusione del riso, che non sono uguali per tutte le aree irrigue della pianura padana, sono d'altronde indicatori interessanti nella valutazione delle differenti modalità d'interazione tra ambiente ed economia, e quindi del metabolismo dei paesaggi agrari. Indubbiamente l'età moderna contribuisce in modo sensibile all'alterazione di una parte rilevante dell'ambiente naturale padano mediante l'inesorabile espansione della risaia che, sfruttando una grande disponibilità di risorse idriche, va a colonizzare suoli ghiaiosi, brughiere e gerbidi. In questo senso si sono spesso accomunate in un unificante concetto di bonifica — assunto appunto come elemento caratterizzante del 'sistema padano' — le colmate e gli irrigui, in continuità col pensiero fisiocratico settecentesco, che associava il concetto di bonifica a quello di civilizzazione⁽¹⁴⁾: entrambi 'paesaggi d'acque', ovvero forme di organizzazione dello spazio rurale fondate sul controllo e sulla gestione delle acque, ma alquanto diversi e non esattamente riconducibili ad una sola categoria storiografica. Il 'sistema padano' d'altronde si intesse anche dei paesaggi della policoltura e dalla coltura promiscua, verso cui la risaia in alcuni casi — è il caso del Vercellese⁽¹⁵⁾ — è altrettanto aggressiva che verso l'incolto. La dicotomia tra paesaggi della monocultura e paesaggi della policoltura si legge d'altronde assai bene in un'altra delle componenti considerate tipiche, ma solo apparentemente uniformanti, del paesaggio agrario padano: la casa a corte chiusa, che presenta processi

⁽¹³⁾ Cfr. S. CIRIACONO (1981), *Investimenti capitalistici e colture irrigue. La congiuntura agricola nella Terraferma Veneta (secoli XVI-XVII)*, In: «Atti Convegno Venezia e la Terraferma attraverso le relazioni dei Rettori (Trieste 1980), Milano», 123-158, ripreso ora con rielaborazioni nell'ampio volume S. CIRIACONO (1994), *Acque e agricoltura. Venezia, l'Olanda e la bonifica europea in età moderna*, Milano, 85-137.

⁽¹⁴⁾ Cfr. Z. CIUFFOLETTI (1987), *Le bonifiche in Italia. Bilancio storiografico e prospettive di ricerca*, Riv. St. Agr., p. 34. Le bonifiche hanno costituito una tematica privilegiata della storia agraria: ci limitiamo a rinviare a P. BEVILACQUA & M. ROSSI DORIA (1984), *Le bonifiche in Italia dal '700 ad oggi*, Bari, F. CAZZOLA (1987), *Le bonifiche nella Valle Padana: un profilo*, Riv. St. Agr., 37-66, ID. (1987), *La bonifica del Polesine di Ferrara dall'età estense al 1855*, in: «La Grande Bonificazione Ferrarese», Ferrara, vol. I, 103-151, S. CIRIACONO (1990), *Le bonifiche venete alla caduta della Repubblica e al tempo di Pietro Paleocapa*, nel vol.: «Ingegneri e politica nell'Italia dell'800: Pietro Paleocapa», Venezia, 317-340, F. CAZZOLA & A. OLIVIERI (a cura di), (1990), *Uomini, terra e acque. Politica e cultura idraulica nel Polesine tra '400 e '600*, Rovigo.

⁽¹⁵⁾ Cfr. S. PUGLIESE, (1908), *Due secoli di vita agricola. Produzione e valore dei terreni, contratti agrari, salari e prezzi nel Vercellese dei secoli XVIII e XIX*, Torino e P. BULLIO (1969), *Problemi e geografia della risicoltura in Piemonte nei secoli XVII e XVIII*, Annali della Fondazione L. Einaudi, Torino.

morfogenetici diversi, anche cronologicamente, tra l'area risicola lombardo piemontese e la pianura asciutta dei sistemi policolture⁽¹⁶⁾, una differenza che segna sostanzialmente i paesaggi del profitto e quelli della rendita. Ai primi, più che ai secondi, dovremmo forse assegnare anche le ville della Terraferma veneta, se accogliamo la tesi che ridimensiona la crisi del capitale mercantile veneziano nel Cinquecento, a favore invece di una riconversione del capitale urbano⁽¹⁷⁾: questione che in ordine alle vicende insediative andrebbe ripresa e approfondita.

Nel corso dell'età moderna i 'paesaggi d'acque' sviluppano ed estendono quelle strutture embrionali che avevano già ereditato dal passato, anche in virtù di quella specie di rivoluzione scientifica che interessa nel XVII secolo profondamente anche la scienza idraulica e che è anch'essa parte integrante della storia dei paesaggi padani: una storia finora nota soprattutto per l'area veneta⁽¹⁸⁾ e che meriterebbe di essere ricostruita più in dettaglio e più sistematicamente anche per gli altri antichi Stati padani, per alcuni dei quali d'altronde alcuni spunti interessanti in questa direzione provengono indirettamente anche dalla storia della cartografia. Un'esplorazione più sistematica della trattatistica idraulica e dei ricchi fondi archivistici delle Accademie scientifiche dovrebbe mirare non solo alla ricostruzione delle idee, ma anche del rapporto tra queste e la loro applicazione negli interventi sul territorio, muovendosi in direzione di una storia della cultura materiale. Abbiamo infatti trattato finora di un paesaggio assai aggressivo verso l'ambiente, ad alta artificialità già alle soglie dell'età moderna e straordinariamente durevole nel tempo: e tuttavia è un paesaggio in gran parte non più visibile nelle sue forme infrastrutturali più caratteristiche, modificate da quell'altra 'rivoluzione' recente nelle tecniche dell'idraulica agraria che è rappresentata dall'irrigazione a getto prima e poi dalla

⁽¹⁶⁾ Cfr. P. SERENO (1979), *La maison à cour fermée en Piémont: quelques remarques morphogénétiques*, Actes Conférence Permanente Européenne pour l'Etude du Paysage Rural (Rennes-Quimper 1977), Rennes, 91-111 e EAD. (1980), *Una trasformazione dell'insediamento rurale in età moderna: l'origine della dimora 'a corte' in Piemonte*, Archeologia Medievale, 271-299. Sulle "corti" padane resta fondamentale il saggio di A. PECORA, *La "corte" padana*, nel vol. G. BARBIERI & L. GAMBI, (1970), *La casa rurale in Italia*, Firenze, 219-244, a cui è opportuno ora aggiungere, in una prospettiva storica, G. CRAINZ, *La cascina padana. Ragioni funzionali e svolgimenti*, nel vol. P. BEVILACQUA (a cura di), *Storia dell'agricoltura italiana*, op. cit., vol. I, 37-76.

⁽¹⁷⁾ Cfr. A. VENTURA, *Considerazioni sull'agricoltura veneta e sull'accumulazione del capitale nei secoli XVI e XVII*, nel vol.: *Agricoltura e sviluppo del capitalismo*, Roma 1970, 528-535 e S. CIRIACONO, *Investimenti capitalistici e colture irrigue*, op. cit., 123-128.

⁽¹⁸⁾ Si rimanda all'interessante studio di S. CIRIACONO, *Scrittori d'idraulica e politica delle acque*, nel vol. *Storia della cultura veneta dal primo Quattrocento al Concilio di Trento*, Vicenza 1980, vol. III, 491-512.

canalizzazione interrata, che consente una intensificazione del sistema, pur modificandone l'assetto formale. La rete complessa di canali, rogge e bealere, arginelli e derivazioni che fisiognomicamente costituiva i paesaggi d'acque si presenta oggi alquanto alterata nella sua minuziosa topografia; essa tra l'altro sembrava talvolta estendersi senza soluzione di continuità dalla campagna alla città, entrambe assoggettate al medesimo schema idraulico: è il caso in particolare di alcuni centri urbani dei Ducati a Sud del Po, come Parma, Piacenza, Modena⁽¹⁹⁾, dove ormai solo la antica toponomastica stradale — altro 'bene culturale' da tutelare di fronte all'invasione nella denominazione dei luoghi della retorica celebrativa che nulla ha a che fare con i luoghi stessi — serba il ricordo dell'antica rete dei canali.

⁽¹⁹⁾ Per Parma si vedano F. MIANI ULUHOGLIAN (1984), *Le immagini di una città (secoli XIV-XIX): Parma dall'immagine simbolica alla figurazione topografica*, Parma e l'edizione, curata dalla stessa Miani, di G.P. SARDI, *La Città di Parma (1767)*, data alle stampe nel 1993, oltre al catalogo della mostra, curata da M. DALL'ACQUA (1980), «Io Smeraldo Smeraldi ingegnere ei perito della Congregazione dei Cavamenti». *Territorio, città, officio nel Ducato di Parma 1582-1684*, Parma. Per Piacenza cfr. il catalogo della mostra curata da M. PIGOZZI & A. COCCIOLI MASTROVITI (1991), *Architettura d'acque in Piacenza, secoli XVI-XIX*, Piacenza; per entrambe le città cfr. la catalogazione di P.F. DA MARETO (1975), *Parma e Piacenza nei secoli. Piante e vedute cittadine delle antiche e nuove province parmensi*, Parma.

Riforma agraria e riforma sociale nel Delta Padano degli anni '50

Luciano GALLINO^(*)

Abstract. *Starting in the early fifties the Italian government set off a wide land reform in the Po Delta. A major goal of the reform was to establish among the peasants of the area not only new economic relations, but also new kinds of social relations. In a few years the reform decreased local employment, increased the income of agricultural workers and improved substantially the quality of housing and rural settlements. However, the reform also represented a prolongation of the rural policy of past governments, a policy mostly oriented to tie in the highest possible number of peasants to the land and contrary, therefore, to the modernization of agriculture. In this paper the social and economic situation before the reform is described with the help of many statistical data; the guidelines of the reform are reconstructed, and some social consequences of the first period of this land reform are outlined.*

In un'ampia zona del Delta Padano, nel corso degli anni '50, fu effettuato dai governi dell'epoca un ampio intervento di riforma agraria contraddistinto dal tentativo di stabilire tra gli assegnatari non solo nuovi rapporti economici, ma anche nuovi rapporti sociali. In pochi anni la riforma realizzata in tale zona ridusse notevolmente il tasso di disoccupazione, accrebbe il reddito degli addetti all'agricoltura, migliorò la qualità del lavoro, delle abitazioni, degli insediamenti rurali. Per un altro verso, tuttavia, la riforma rappresentò un prolungamento della politica di ruralizzazione e contadinizzazione perseguita con successo dai governi di anteguerra. In questo lavoro si ricostruisce, sulla base di una ricerca compiuta sul luogo, in varie riprese, tra il 1957 e il 1960, la situazione sociale ed economica quale si configurava nella zona prima della riforma; si delineano le linee direttrici della riforma stessa; infine si descrivono alcuni effetti della riforma nei primi anni della sua attuazione⁽¹⁾.

^(*) Accademia delle Scienze, Torino, ordinario di Sociologia, Dipartimento di Scienze Sociali - Università di Torino.

⁽¹⁾ In questa relazione sono ripresi dati statistici provenienti da pubblicazioni dell'epoca (Censimento della popolazione del 1951, indagini dell'INEA, rapporti dell'Ente Delta Padano, ecc.) già utilizzati in più ampi lavori dell'autore sullo stesso tema.

1. Condizioni della popolazione nel comprensorio di riforma

Il decreto presidenziale del 7 Febbraio 1951 includeva nel comprensorio di riforma 23 comuni contermini, situati quasi per intero entro il triangolo Ravenna-Ferrara-Chioggia, e precisamente: *in provincia di Venezia*, i comuni di Chioggia e Cavarzere; *in provincia di Rovigo*, i comuni di Ariano Polesine, Contarina, Corbola, Loreo, Porto Tolle, Taglio di Po, Rosolina, Donada; *in provincia di Ferrara*, i comuni di Argenta, Portomaggiore, Codigoro, Copparo, Formignano, Jolanda di Savoia, Lagosanto, Massafiscaglia, Migliarino, Ostellato, Comacchio, Mesola; infine, *in provincia di Ravenna*, il solo comune di Ravenna. La superficie territoriale complessiva dei 23 comuni era di km² 3353,16 con una popolazione totale di 443 928 unità, corrispondenti a poco più di 132 abitanti per km²: assai meno della media nazionale, ch'era in quello stesso anno 1951 (secondo il IX Censimento generale della popolazione svoltosi il 4 Novembre) di 156,2 abitanti per km².

La popolazione attiva era formata da 214 653 persone e costituiva quindi oltre il 48% della popolazione presente, contro il 41,7% registrato per l'Italia; va però ricordato che le statistiche della popolazione "attiva" comprendevano allora come oggi anche i disoccupati, coloro che cercano attivamente lavoro ma non lo trovano, infine coloro che svolgono attività irregolari e saltuarie traendone uno scarso guadagno, come per l'appunto i numerosi braccianti del Delta padano del tempo. Semmai la reale condizione socio-economica del territorio si rifletteva fedelmente nella *composizione* percentuale della popolazione attiva, la cui quota dedita ad occupazioni agricole era addirittura aumentata dal 1871 agli anni '50, toccando il 68,5% nel 1951 rispetto al 41,1 della media nazionale, mentre il 19,5 soltanto (contro il 36,2 dell'intero Paese) trovava occupazione nell'industria, trasporti e comunicazioni. La popolazione rurale superava di fatto l'89% a Jolanda di Savoia, l'85% a Massafiscaglia e a Ostellato, l'82% a Lagosanto, l'80% a Porto Tolle. In alcuni dei comuni indicati (Codigoro, Jolanda di Savoia, Massafiscaglia), circa il 50% della popolazione rurale, e quindi ben il 42% della popolazione presente, era composto da braccianti. Alla vigilia della riforma, nei 23 comuni del comprensorio i braccianti erano in totale circa 105 000, di cui 16 000 nel comune di Ravenna, 58 000 nei comuni appartenenti alla provincia di Ferrara, 16 000 nei comuni appartenenti alla provincia di Rovigo, 15 000 nei due comuni della provincia di Venezia, Chioggia e Cavarzere.

La occupazione effettiva dei braccianti nell'annata agraria ammon-
tava in media a 114 giornate lavorative per unità-uomo, con punte

minime di 69 e 70,2 giornate nei comuni di Rosolina e Corbola⁽²⁾. Questo dato prende maggior significato ove lo si accosti alle cifre indicative della disoccupazione: nel comune di Ravenna, ad esempio, durante l'annata agraria 1948-49 le giornate potenzialmente lavorative (per i soli braccianti) non utilizzate per mancanza di lavoro furono quasi 590 000; e 527 000 nel comune di Argenta (la metà delle giornate lavorative: il che voleva dire un uomo inoperoso ogni due che lavoravano in quel periodo dell'anno), 518 000 a Codigoro (contro 750 000 giornate lavorative: in questo caso salgono a due gli uomini inoperosi ogni tre che lavoravano), 239 000 ad Ariano Polesine, dove le giornate lavorative superarono di poco le 261 000, toccandosi così il primato di un disoccupato per ogni uomo al lavoro.

In totale, esclusi i comuni di Chioggia e Cavarzere, non coperti dall'indagine, e il comune di Jolanda di Savoia, unico a presentare un saldo attivo, le giornate potenzialmente lavorative non utilizzate in quell'anno (che v'è ragione di assumere come medio) nei rimanenti 20 comuni del comprensorio furono complessivamente 4 813 700: una somma di lavoro perduto pari a quella che uno stabilimento con 18 000 dipendenti, lavorando 265 giorni (e cioè escludendo i soli giorni di ferie, festività, ecc.), avrebbe impiegato in un anno. Se, invece delle giornate complessive di occupazione e disoccupazione, si considera il reddito annuo medio dei braccianti nei singoli comuni, la loro condizione economica appariva ancora peggiore. Nell'annata agraria 1950-51 il reddito medio più elevato per bracciante uomo, inclusi tanto i redditi derivanti da lavori di imponibile quanto i cottimi di mietitura, si ebbe nel comune di Rosolina, con L. 169 770 per 208 giornate lavorate, corrispondenti a 816 lire per giornata lavorativa, e 465 lire al giorno per vivere e contribuire al mantenimento della famiglia; seguiva il comune di Contarina, dove il reddito medio di un bracciante uomo toccò in quell'anno le 154 288 lire per 165 giornate di prestazione d'opera, cioè 935 lire per giornata lavorativa, e 422 lire al giorno per vivere. In tutti gli altri comuni si registrarono redditi medi inferiori, sino alle 63 480 lire per 63 giornate di Comacchio, ed al minimo di L. 44 150 per 58 giornate di prestazione avutosi nel comune di Lagosanto: sono 761 lire di reddito per giornata lavorativa, e 120 lire al giorno per vivere (circa 2000 lire odierne).

⁽²⁾ G. MEDICI & G. ORLANDO (1952), *Agricoltura e disoccupazione. I braccianti della bassa Pianura Padana*, Bologna; G. LA VOLPE, *Il Delta padano area depressa*, in: «Atti del Congresso internazionale di studio sul problema delle aree arretrate», vol. I, Milano 1954». Le unità-uomo erano indici intesi a rendere comparabili le giornate di lavoro manuale di uomini, donne e ragazzi, fatta uguale a 1 la giornata dell'uomo adulto.

Va aggiunto che il reddito medio del bracciante donna, la cui prestazione d'opera era richiesta di preferenza per lavori di compartecipazione che non superavano in media le 40 giornate annue, e la cui retribuzione unitaria era alquanto inferiore, era notevolmente più basso di quello del bracciante uomo, in molti casi non superando il 30% di esso: modesto quindi il suo contributo all'elevamento del reddito familiare, quando il capofamiglia fosse uomo, e particolarmente grave la condizione delle numerose famiglie aventi a capo una donna.

La formazione e il permanere nel tempo d'una simile massa di proletari, in condizioni di disoccupazione e sottoccupazione altrettanto gravi di quelle che in molte zone negli stessi anni si registravano al Sud e sulle quali più spesso si era soffermata la pubblicistica politica e tecnica — tanto che il MEDICI poteva scrivere anni prima che “in queste contrade il problema della riforma agraria, ridotto nei suoi termini essenziali, si identifica con la sistemazione di questi lavoratori senza lavoro”⁽³⁾ —, può farsi risalire all'azione concomitante di tre fattori che avevan reso unica a quel tempo la fisionomia socio-economica del territorio basso-padano: la presenza di imprese agrarie capitalistiche dal livello tecnico e produttivo assai elevato, l'assenza pressoché totale di industrie e commerci, e i peculiari caratteri geofisici del suolo, quasi interamente riscattato dal mare.

Un'idea della sequenza obbligata bonifiche→formazione d'una massa bracciantile impiegata nei lavori di bonifica→avvento d'un capitalismo agrario tecnicamente evoluto→disoccupazione della massa bracciantile a bonifiche terminate, può aversi osservando una mappa catastale della bassa Pianura Padana, anteriore all'entrata in vigore dei decreti di esproprio⁽⁴⁾. Si noterebbe in tal modo che agli inizi della riforma nel triangolo Chioggia-Ravenna-Ferrara, che include la massima parte della valle di terre nuove emerse tra il 1850 e il 1950 dal mare o formate dal lento riporto dei corsi d'acqua, e bonificate in varie riprese, predominava in misura quasi assoluta l'impresa capitalistica di grande superficie con salariati e compartecipanti; mentre al di fuori del triangolo stesso prevalevano, a Sud, i terreni a mezzadria, e a Nord le proprietà coltivatrici e le piccole affittanze. Sovrapponendo poi a tale mappa uno dei grafici della disoccupazione agricola nazionale pubblicati nell'*Annuario dell'agricoltura italiana* del 1948, il geometrico infoltirsi dei punti neri e bianchi (equivalenti ciascuno a 1000 individui permanentemente o stagionalmente disoccupati) dal vertice del trian-

⁽³⁾ G. MEDICI (1952), *Politica agraria*, Bologna, p. 38

⁽⁴⁾ Cfr. G. ORLANDO, *op. cit.*, p. 166

golo (Ferrara) verso la base, costituita all'incirca dalla costa adriatica, confermerà che l'addensamento della massa bracciantile sottoccupata era connesso a sua volta all'esistenza e alla distribuzione geografica delle imprese agricole capitalistiche della zona.

Secondo i dati dell'indagine nazionale condotta dall'Istituto Nazionale di Economia Agraria nel 1946, ripresi poco dopo dal VANZETTI nel suo studio su *L'ambiente economico agrario della bassa Pianura Padana*⁽⁵⁾ e ai quali occorre riferirci (in mancanza di indagini più vicine all'anno di inizio della riforma) anche se non coprono esattamente i limiti del comprensorio di riforma costituito in seguito, su una superficie totale di 285 890 ettari esistevano nel Delta 23 084 proprietà, di cui 20 241, e cioè l'88%, inferiori a 10 ettari, e 200, pari all'1%, superiori ai 200 ettari. La superficie complessiva occupata dalle prime ammontava a ha. 21 021, pari al 7% della superficie censita, mentre le seconde occupavano ha. 153 570, pari al 54%. Sommando a queste ultime la superficie complessiva delle 2643 proprietà di ampiezza da 10 a 200 ettari, uguale a ettari 111 291, si ha che le proprietà superiori ai 10 ettari, che era in genere nelle zone a coltura intensiva il limite massimo della piccola proprietà coltivatrice, formavano il 12% *del totale*, mentre occupavano il 93% *della superficie censita*: sono 2843 imprese con superficie media di ettari 93,1, contro la superficie media di ettari 1,03 delle restanti 20 241 aziende.

Non mancavano dunque nel Delta dell'epoca, che pure conservava pronunciati caratteri latifondisti — bersaglio appunto della riforma — i “fazzoletti di terra”. Concentrate in prevalenza a Settentrione del Po e ad Occidente delle valli di Comacchio, la situazione di queste piccolissime proprietà era tuttavia migliore di quella di molte proprietà di analoga superficie del Piemonte settentrionale, o del Meridione, grazie alla fertilità dei terreni e al razionale sfruttamento di colture pregiate, per lo più ortaggi. La presenza di tante proprietà in stato avanzato di sminuzzamento parcellare sulle terre più antiche rappresentava peraltro un indice sintomatico delle tendenze involutive della proprietà contadina, ove non intervengano atti di politica agraria di segno contrario. Come s'è detto le proprietà di maggior ampiezza, superiori ai 200 ettari, erano concentrate in forte prevalenza verso la fascia costiera, nelle zone di più recente bonifica, segno della parte avuta dal grande capitale nell'opera di trasformazione fondiaria: occupavano ad esempio il 66% della superficie censita nel comune di Loreo, il 76 a Mesola, l'80 a Jolanda di Savoia, l'82 a Comacchio, e ben il 90% a Porto Tolle.

⁽⁵⁾ Si legge in MEDICI & ORLANDO, *op. cit.*, 217-246.

Nei predetti comuni, che sono tra quelli dove si registravano i redditi medi minori e le maggiori percentuali di abitazioni prive dei servizi elementari e di analfabeti, vi erano fino a 100 braccianti ogni 100 ettari di superficie coltivata, il massimo di tutta la bassa pianura veneto-emiliana. Al riguardo, invece di formazione della massa dei braccianti altri autori hanno preferito parlare di "concentrazione", notando che forti nuclei di popolazione bracciantile esistevano da tempo nella bassa pianura emiliano-veneta, con tendenza manifesta a polarizzarsi al margine delle terre vecchie, sul fronte stesso dell'opera secolare ma ancor frammentaria di bonifica. "Dopo il 1880 — scriveva ad esempio il MEDICI — quando cominciano le grandi opere di bonifica, notevoli masse di lavoratori semidisoccupati affluiscono verso queste zone, richiamati da lavori nei quali non è richiesta mano d'opera specializzata. Giornalieri di campagna, insieme con barbieri disoccupati, sellai falliti, sarti senza lavoro, si riversano a frotte ingaggiati da agenti non sempre scrupolosi, verso la pianura malarica dove una popolazione randagia vede trasformarsi a vista d'occhio, con il paesaggio, il generale sistema di vita. In questo periodo lavorano soprattutto terrazzieri e carriolanti, e, in generale, uomini ai quali si richiede soprattutto un intenso sforzo muscolare: così si determina, in limitate zone, il concentrarsi di imponenti masse di lavoratori non qualificati. Di regola, queste opere di bonifica sono intraprese ai margini delle terre vecchie, dove l'eccesso di popolazione rurale di origine mezzadrile non può essere assorbito in luogo, e perciò nelle zone da bonificare si riversa l'eccesso di popolazione rurale delle zone già trasformate"⁽⁶⁾.

La realtà di questo moto sociale, tuttavia, illumina solamente in parte il processo di trasformazione d'un grandissimo numero di "coloni" in braccianti, ch'era in corso dagli inizi del secolo, derivante e accompagnantesi alla disgregazione dell'assetto agricolo feudale e alla dispersione di molte famiglie contadine. In precedenza, notava a sua volta il Preti, sussisteva "uno stabile equilibrio — sia pure nell'ambito di una economia miserabile, la quale si esprimeva in redditi irrisori — tra terreno e mano d'opera. La disoccupazione agricola vera e propria era sconosciuta, anche se per tutti i contadini v'erano, strettamente legati alle vicende atmosferiche, periodi lunghi di sosta durante la stagione morta"⁽⁷⁾. La trasformazione della figura sociale del colono-piccolissimo proprietario, insediato stabilmente nei terreni contermini, in bracciante sradicato dal sistema socio-economico, e la parallela

⁽⁶⁾ MEDICI & ORLANDO, *op. cit.*, p. 89.

⁽⁷⁾ L. PRETI (1955), *Le lotte agrarie nella valle padana*, Torino, p. 46.

concentrazione dei braccianti già esistenti, si verificò quando nel Delta affluirono i primi capitali di Stato e privati, investiti in grandi opere di bonifica e trasformazione fondiaria. Dopo l'emanazione della legge Baccarini (1882) sulla bonifica dei terreni paludosi, e la successiva classificazione del comprensorio basso-padano tra le bonifiche di prima categoria (1885), ai cospicui investimenti dello Stato nei settori che oggi diremmo "propulsivi" fecero seguito rilevanti investimenti privati, con capitali provenienti in buona parte dalle città industriali piemontesi e lombarde, e dall'estero.

Che si affiancasse a quello dello Stato nell'opera di bonifica e risanamento, scoprendo nuove terre da cedere quindi ad altri operatori, o che s'impegnasse insieme o alternativamente nella fondazione di imprese agricole, il capitale privato perseguiva ovvi fini di redditività, attinti in genere con buon successo; del quale davano ragione, insieme con l'abilità degli imprenditori, il basso costo delle terre bonificate, la loro grande fertilità e rendimento fin dai primi raccolti, e l'abbondanza e relativo basso costo della manodopera. Fu dunque il capitale, privato ma anche statale, o meglio i modi e le direzioni in cui venne investito, a provocare la rottura del precario equilibrio esistente nel Delta tra terreno e manodopera, rendendo in pari tempo sommamente difficoltoso anche per gli anni successivi il raggiungimento d'un nuovo equilibrio economicamente e socialmente più sano. Nel momento stesso, infatti, in cui interveniva nella zona offrendo abbondanti ma temporanee occasioni di lavoro a ingenti forze lavoratrici, attirandole così nella propria orbita, esso poneva le premesse perché solo una minima parte di tali forze trovasse occupazione stabile e remunerativa nelle nuove imprese. La redditività del capitale investito richiama i grandi investimenti privati, e, grazie all'elevato impiego di capitale per unità di superficie, si fondavano sulle nuove terre imprese agricole di alto rendimento e di grande estensione; ma una prima ed inevitabile conseguenza dell'impiego di tecniche moderne era che il numero dei posti di lavoro stabili che via via si aprivano era grandemente inferiore a quello offerto in precedenza dai lavori, venuti a termine nel primo quarto del secolo, di bonifica e trasformazione fondiaria.

In tal modo si andava creando sulle nuove terre, per opera (e profitto) del capitale privato, al quale il capitale dello Stato aveva spianato la via in un modo quasi unico nella nostra storia economica, una economia agricola efficiente e moderna, modello per tutta l'agricoltura del Paese di produttività e di razionale sfruttamento dei terreni; ma nel contempo si respingevano ai suoi margini la maggior parte di coloro che avevano materialmente contribuito a crearla. Per tal via il fenomeno della concentrazione del bracciantato, lasciato in balia della sua inerzia

Roberto SAINI, <i>Il Parco Fluviale del Po: situazioni e prospettive</i>	313-319
Simonetta BONOMI, Raffaele PERETTO & Enrico ZERBINATI, <i>Le sistemazioni agrarie e l'assetto insediativo nel territorio polesano in età antica</i>	321-336
Giustiniana MIGLIARDI O' RIORDAN COLASANTI & Adriano MAZZETTI, <i>Venezia e la regolamentazione delle acque del Po. Testimonianze ed itinerari archivistici</i>	337-357
Paola SERENO, <i>Paesaggi del Po. Strutture insediative, sistemi agrari, reti di comunicazione in età moderna: elementi per un progetto di valorizzazione</i>	359-368
Luciano GALLINO, <i>Riforma agraria e riforma sociale nel Delta Padano degli anni '50</i>	369-396
Tavola Rotonda	397-438
Presentazione della mostra. «Il Po dall'archivio al computer. Esempi di rappresentazione del fiume e del suo ambiente»	439-443

